

(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
2015年3月5日(05.03.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/029331 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 19/06 (2006.01) *G05D 1/02* (2006.01)
B25J 13/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/003975
- (22) 国際出願日: 2014年7月29日(29.07.2014)
- (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 2013-179219 2013年8月30日(30.08.2013) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 寺田 耕志 (TERADA, Koji) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 家入 健 (IEIRI, Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目33番8アサ

ヒビルデング 10 階 警国際特許事務所 Kanagawa (JP).

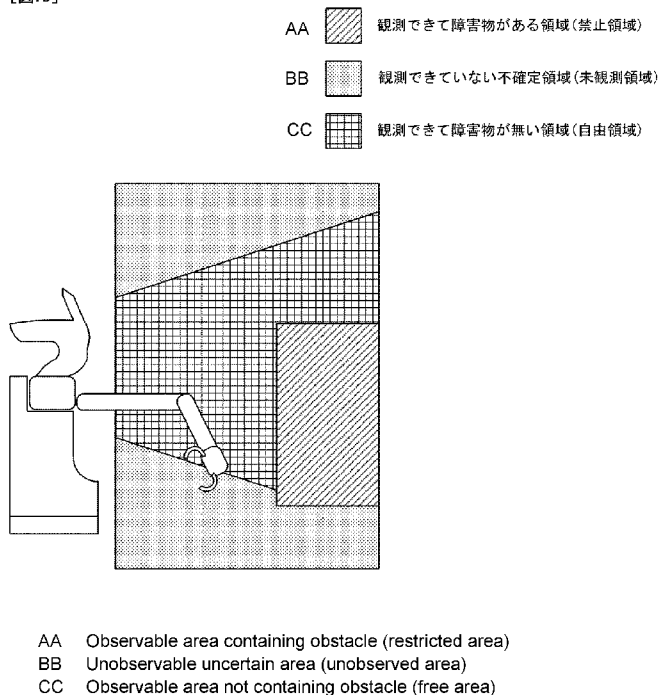
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: ROBOT AND METHOD FOR CONTROLLING SAME

(54) 発明の名称: ロボット及びその制御方法

[図7B]



(57) Abstract: A purpose of the present invention is to provide a robot and a method for controlling the robot, whereby safety can be improved even when the robot is activated in an unobserved area. The robot according to the present invention is activated while the surrounding environment is observed. The robot is provided with an environment information acquisition means for acquiring information about the environment surrounding the robot, and a control means for reducing the drive force of the robot when the robot is activated in an unobserved area where the environment information acquisition means is unable to acquire environment information.

(57) 要約: 本発明は、未観測の領域内でロボットを動作させる場合であっても安全性を向上することができるロボット及びその制御方法を提供することを目的とする。本発明に係るロボットは、周辺環境を観測しながら動作するロボットである。ロボットは、ロボットの周辺環境情報を取得する環境情報取得手段と、環境情報取得手段により環境情報が取得できていない未観測領域内でロボットを動作させる場合には、ロボットの駆動力を減少させる制御手段と、を備える。

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： ロボット及びその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、ロボット及びその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、対象物を認識しながらアーム等を対象物まで近づけることができるロボットが開示されている。このロボットは、カメラの位置情報と把持対象物の位置情報とに基づいて、アームの侵入を抑制する認識空間を算出する。ここで、認識空間とは、アームが侵入することにより、把持対象物の認識の妨げとなる空間を意味する。そして、このロボットは、認識空間への侵入を回避したアーム軌道を算出し、アームを制御する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-51080号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述したようなロボットでは、カメラ等によって観測できる範囲は有限であるため、観測できない領域も残ってしまう。しかしながら、ロボットが認識（観測）していない領域に全くロボットを侵入させないようにしてしまうと、ロボットの動作が限定的となってしまうため、期待する動作を十分に行うことができなくなってしまう。一方で、ロボットが認識していない領域にロボットを侵入させる場合（例えば、その領域内でアームを動かす場合）には、その領域内の障害物等と接触してしまう可能性がある。

[0005] 本発明は、上述した知見に基づいてなされたものであって、未観測の領域内でロボットを動作させる場合であっても安全性を向上することができるロボット及びその制御方法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

[0006] 本発明の第1の態様に係るロボットは、周辺の環境を観測しながら動作するロボットであって、ロボットの周辺の環境情報を取得する環境情報取得手段と、環境情報取得手段により環境情報が取得できていない未観測領域内でロボットを動作させる場合には、ロボットの駆動力を減少させる制御手段と、を備えることを特徴とするものである。

[0007] 本発明の第2の態様に係る制御方法は、周辺の環境を観測しながら動作するロボットの制御方法であって、前記ロボットの周辺の環境情報を取得するステップと、前記ロボットが前記環境情報が取得できていない未観測領域内で動作しているか否かを判定するステップと、前記未観測領域内で動作していると判定した場合には、前記ロボットの駆動力を減少させるステップと、を備えることを特徴とするものである。

発明の効果

[0008] 上述した本発明の各態様によれば、未観測の領域内で動作させる場合であっても安全性を向上することができるロボット及びその制御方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]実施の形態1に係るロボットの外部構成図である。
[図2]実施の形態1に係るロボットの内部構成図である。
[図3]実施の形態1に係るロボットが観測する環境の一例を示す図である。
[図4]図3に示す環境をロボットが観測した結果を示す図である。
[図5]図3に示す環境をロボットが観測した結果となる情報を示す図である。
[図6A]ロボットが自由領域で動作する例を示す図である。
[図6B]ロボットが未観測領域で動作する例を示す図である。
[図6C]ロボットが禁止領域で動作する例を示す図である。
[図7A]ロボットが自由領域で動作する例を示す図である。
[図7B]ロボットが未観測領域で動作する例を示す図である。
[図7C]ロボットが禁止領域で動作する例を示す図である。
[図8]実施の形態1に係るロボットの動作を示すフローチャートである。

[図9]アームと未観測領域とのオーバーラップ部分を示す図である。

[図10A]ロボットが自由領域で動作する例を示す図である。

[図10B]ロボットが未観測領域で動作する例を示す図である。

[図10C]ロボットが禁止領域で動作する例を示す図である。

[図11]実施の形態2に係るロボットの動作を示すフローチャートである。

[図12]実施の形態3に係るロボットの各領域で動作する例を示す図である。

[図13]実施の形態3に係るロボットの動作を示すフローチャートである。

[図14]ロボット本体と未観測領域とのオーバーラップ部分を示す図である。

[図15]実施の形態4に係るロボットの内部構成図である。

[図16]実施の形態4に係るロボットの動作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

[0010] 以下に図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について説明する。以下の実施の形態に示す具体的な数値等は、発明の理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、それに限定されるものではない。また、以下の記載及び図面では、説明の明確化のため、当業者にとって自明な事項等については、適宜、省略及び簡略化がなされている。

[0011] <発明の実施の形態1>

まず、本実施の形態1に係るロボット1について説明する。図1を参照して、本実施の形態1に係るロボット1の外部構成について説明する。図1は、本実施の形態1に係るロボット1の外部構成図である。

[0012] ロボット1は、ロボット本体10、移動台車20、アーム30、及び頭部40を有している。ロボット1は、典型的には、家庭内において人が行う作業を、人に代わり実行するための生活支援ロボットである。ロボット1は、例えば、任意の場所に移動し、物を拾い人に届ける、窓を開ける等の作業を実行する。

[0013] 移動台車20は、その上方でロボット本体10を支持するように、その上部がロボット本体10の下部に連結されている。移動台車20は、その下部に設けられた車輪（図示せず）を駆動することでロボット1を移動させる。

- [0014] アーム30は、ロボット本体10の前方に突出するように、ロボット本体10の前部に接続されている。アーム30は、多関節のアームである。アーム30は、その先端部に、任意の物体を把持できるグリップ（把持部）6を含む。これにより、ロボット1は、アーム30の各関節の角度を調整することで、グリップ60を所望の位置に移動させ、その位置に存在する物体を把持することができる。
- [0015] 頭部40は、ロボット本体10の上方でロボット本体10に支持されるように、ロボット本体10の上部に連結されている。頭部40は、その前方をセンサ50によって観測可能となるように、その前部にセンサ50が取り付けられている。センサ50は、ロボット1の周辺的环境を観測し、観測した環境を示す環境情報を取得するセンサである。センサ50は、典型的には、ロボット1からロボット1の周辺の物体までの距離を観測可能な3次元距離センサとなる。ここで、3次元距離センサは、光学式、超音波式、及びレーザ光線式等の各種方式のうち、任意の方式のものを使用するようにしてよい。なお、センサ50として環境情報を取得する手段は、3次元距離センサに限定されない。例えば、センサ50としてカメラを備えるようにし、カメラで撮像した画像を示す画像情報を環境情報として取得するようにしてもよい。
- [0016] センサ50は、測定可能な角度範囲が所定の角度に限られている。一方で、頭部40とロボット本体10との連結部は、頭部40を動作可能となるように多自由度の関節構造となっている。例えば、関節構造として少なくとも2自由度以上を有するようにすることで、頭部40は、少なくとも上下左右に動作させることが可能とされている。これにより、センサ50の測定可能な角度範囲が限られていても、頭部40を動作させることで広範囲を観測することを可能としている。
- [0017] 操作端末9は、ロボット1と無線又は有線によって通信可能な情報処理端末である。本実施の形態では、操作端末9とロボット1とが無線によって通信する例について説明する。操作端末9は、デスクトップPCのような据え

置き型の情報処理端末であってもよいが、好ましくは、ユーザが生活空間において制限なくロボット 1 を操作可能とするために、携帯型の情報処理端末であるとよい。携帯型の情報処理端末は、スマートフォン、又はタブレット端末等である。

[0018] ユーザは、操作端末 9 によってロボット 1 に対して、上述したような人が行う作業を指示することができる。ロボット 1 は、ユーザから指示された作業をユーザに代わり実行する。このようにして、ロボット 1 によってユーザの生活が支援される。

[0019] 上述した構成により、ロボット 1 は、ユーザから指示された作業を実行するにあたり、センサ 50 によってロボット 1 の周辺的环境を観測し、観測した環境における障害物を避けて行動する。

[0020] 続いて、図 2 を参照して、本実施の形態 1 に係るロボット 1 の内部構成について説明する。図 2 は、本実施の形態 1 に係るロボット 1 の内部構成図である。

[0021] ロボット 1 は、制御部 11、記憶部 12、通信部 13、アクチュエータ 21a、21b、車輪 22a、22b、アクチュエータ 31a、31b、角度センサ（ポテンシオメータ）32a、32b、及びアクチュエータ 41 を有する。制御部 11、記憶部 12、及び通信部 13 は、ロボット本体 10 に含まれる。アクチュエータ 21a、21b 及び車輪 22a、22b は、移動台車 20 に含まれる。アクチュエータ 31a、31b 及び角度センサ 32a、32b は、アーム 30 に含まれる。アクチュエータ 41 は、頭部 40 に含まれる。

[0022] 制御部 11 は、ロボット 1 を統括的に制御する。制御部 11 は、CPU（Central Processing Unit）を有しており、その CPU が記憶部 12 に格納されたプログラムを実行することで、制御部 11 としての各種処理を実現する。すなわち、このプログラムは、制御部 11 が有する CPU に制御部 11 としての各種処理を実行させるためのコードを含んでいる。

[0023] 記憶部 12 は、上記プログラムや、その他の制御部 11 が使用する各種情

報が格納される。記憶部 12 は、上記プログラムや各種情報を格納可能な記憶装置の少なくとも 1 つを含む。記憶装置として、例えば、メモリ及びハードディスク等の少なくとも 1 つを任意に使用してよい。

[0024] 通信部 13 は、操作端末 9 に送信するために制御部 11 から出力された情報を、無線信号に変換し、操作端末 9 に送信する。通信部 13 は、操作端末 9 から受信した無線信号を、制御部 11 で処理可能な情報となるように電気信号に変換し、制御部 11 に出力する。

[0025] アクチュエータ 21 a、21 b は、ロボット 1 の車輪 22 a、22 b を駆動する。アクチュエータ 21 a は、制御部 11 からの制御によって駆動され、車輪 22 a を回転させる。アクチュエータ 21 b は、制御部 11 からの制御によって駆動され、車輪 22 b を回転させる。

[0026] 車輪 22 a 及び車輪 22 b は、上述した移動台車 20 の下部に取り付けられた車輪に該当する。すなわち、制御部 11 は、アクチュエータ 21 a、21 b を制御して、車輪 22 a、22 b を回転させることでロボット 1 を移動させる。

[0027] アクチュエータ 31 a、31 b は、ロボット 1 のアーム 30 を駆動する。アクチュエータ 31 a、31 b のそれぞれは、アーム 30 の関節として設けられている。なお、ここでは、アーム 30 が、アクチュエータ 31 a とアクチュエータ 31 b との 2 つの関節を有する例について説明するが、アーム 30 の関節数は、これに限られない。

[0028] 角度センサ 32 a、32 b のそれぞれは、アーム 30 の各関節の角度を検出するセンサである。角度センサ 32 a は、アクチュエータ 31 a に取り付けられており、アクチュエータ 31 a の角度を検出する。角度センサ 32 a は、検出した角度を示す角度信号を制御部 11 に出力する。角度センサ 32 b は、アクチュエータ 31 b に取り付けられており、アクチュエータ 31 b の角度を検出する。角度センサ 32 b は、検出した角度を示す角度信号を制御部 11 に出力する。これにより、制御部 11 は、角度センサ 32 a、32 b のそれぞれから出力された角度信号が示す角度に基づいて、アーム 30 の

状態を認識することが可能となる。

[0029] アクチュエータ 41 は、ロボット 1 の頭部 40 を駆動する。アクチュエータ 41 は、例えば、多自由度（2 自由度以上の所定自由度）のアクチュエータとして、頭部 40 を上下左右に動作可能としてよい。また、頭部 40 を駆動するアクチュエータ 41 を複数有するようにして、頭部 40 の多自由度での駆動を実現するようにしてもよい。また、アクチュエータ 41 として 1 自由度のアクチュエータを 1 つだけ有するようにして、頭部 40 が上下又は左右のみに動作するようにされていてもよい。

[0030] 続いて、図 3～図 5 を参照して、本実施の形態 1 に係るロボット 1 の環境観測方法について説明する。まず、図 3 を参照して、本実施の形態 1 に係るロボット 1 の環境観測方法について説明する。図 3 は、本実施の形態 1 に係るロボット 1 が観測する環境の一例を示す図である。

[0031] 図 3 に示すように、ロボット 1 が机の上に四角柱の物体が置かれている環境を観測する例について説明する。この環境において、図 3 に示すように、机の一辺の正面斜め上方からロボット 1 がセンサ 50 によって環境を観測したものとする。

[0032] ロボット 1 は、観測した環境となるロボット 1 の周辺の空間を、次の 3 つの領域のうちのいずれかの領域に分類する。

禁止領域 ： 障害物があることを観測できている領域

未観測領域 ： 障害物があるか否かが観測できていない不確定領域

自由領域 ： 障害物がないことを観測できている領域

[0033] 具体的には、制御部 11 は、図 4 に示すように、ロボット 1 の周辺の空間において、センサ 50 によって観測されており、かつ、障害物を検出した領域を禁止領域として判定する。例えば、制御部 11 は、センサ 50 に対して奥行き方向に、障害物を検出した位置から所定の距離の範囲となる領域を禁止領域として判定する。これにより、例えば、四角柱の物体の正面（センサ 50 側の側面）と上面から一定範囲と、机の天板及び正面側の足が禁止領域として決定される。

[0034] また、制御部 11 は、図 4 に示すように、ロボット 1 の周辺の空間において、センサ 50 によって観測していない領域を未観測領域として判定する。したがって、このセンサ 50 によって観測していない領域には、例えば、禁止領域よりもさらにセンサ 50 に対して奥行き方向となる領域が含まれる。これにより、例えば、センサ 50 に対して四角柱、机の天板及び正面側の足の後方にあたる領域（正面と反対側の足を含む）が未観測領域として判定される。なお、過去の観測で、禁止領域か自由領域かが判定されている領域については、その判定結果を維持する。

[0035] また、制御部 11 は、図 4 に示すように、ロボット 1 の周辺の空間において、センサ 50 によって観測されており、かつ、障害物が検出されなかった領域を自由領域として判定する。例えば、制御部 11 は、障害物が検出される位置までの空間を自由領域として判定する。これにより、例えば、ロボット 1（センサ 50）から四角柱、机、及びその他の物体（壁、床等）までの空間が自由領域として判定される。

[0036] ここで、制御部 11 は、ロボット 1 の周辺の空間を分割した領域のそれぞれが、上記 3 つの分類のいずれの領域に属するかを示す情報を空間情報として記憶部 12 に記憶することで、ロボット 1 の周辺の空間の観測結果を管理する。例えば、単純には、空間情報として三次元配列を記憶部 12 に用意してもよい。この場合、この三次元配列の各要素は、ロボット 1 の周辺の空間を格子状に分割した領域のそれぞれに対応する。そして、制御部 11 は、図 5 に示すように、ロボット 1 の周辺の空間を分割した複数の領域において、ある領域が上記 3 つの分類におけるいずれの領域となるかを判定した場合、その領域に対応する三次元配列の要素に、判定結果となる分類を示す値を格納する。この値は、禁止領域、未観測領域、及び自由領域のうちのいずれの領域であるかを一意に特定することができる値であれば、任意の値を予め定めるようにしてよい。

[0037] これにより、制御部 11 は、ロボット 1 を、ロボット 1 の周辺の空間を分割した複数の領域のうち、ある領域に侵入しようとする場合、空間情報のそ

の領域に対応する値を参照することで、その領域が、禁止領域、未観測領域、及び自由領域のうちのいずれの領域であるかを認識することができる。

[0038] 続いて、図6A～図6C、及び図7A～図7Cを参照して、本実施の形態1に係るロボット1の動作方法について説明する。図6Aは、本実施の形態1に係るロボット1の自由領域における動作を示す図である。図6Bは、本実施の形態1に係るロボット1の未観測領域における動作を示す図である。図6Cは、本実施の形態1に係るロボット1の禁止領域における動作を示す図である。

[0039] 図6Aに示すように、アーム30の全てが自由領域で動作していると判定した場合、制御部11は、高い速度でアーム30を動作させる。図6Bに示すように、アーム30の少なくとも一部が未観測領域で動作していると判定した場合（アーム30が未観測領域に接触する場合を含めてもよい）、制御部11は、アーム30が自由領域で動作している場合よりも低い速度でアーム30を動作させる。図6Cに示すように、アーム30の少なくとも一部が禁止領域で動作していると判定した場合（アーム30が禁止領域に接触する場合を含めてもよい）、制御部11は、アーム30を完全に停止させる。

[0040] このように、ロボット1を動作させる際に、アーム30が動作する領域が観測済みか否かによりアーム30の速度を変えることにより、ロボット1が認識できていない物体とアーム30が接触する可能性がある未観測領域ではアーム30の速度を落としている。これにより、万が一、アーム30が物体と接触した場合であっても、その物体に対する影響を軽減することができる。また、自由領域においては必要以上に速度を落とすことが無いため、ロボット1の高速な動作が可能となる。

[0041] ここで、ロボット1は、アーム30が未観測領域とオーバーラップしている体積によって動作を変える。図7Aは、本実施の形態1に係るロボット1の自由領域における動作を示す図である。図7Bは、本実施の形態1に係るロボット1の未観測領域における動作を示す図である。図7Cは、本実施の形態1に係るロボット1の禁止領域における動作を示す図である。

- [0042] 図7Aに示すように、アーム30の全てが自由領域に含まれる場合には、速い速度でアーム30を動かす。図7Bに示すように、アーム30の少なくとも一部が未観測領域に含まれる場合（アーム30が未観測領域に接触する場合を含めてもよい）は、その進入の度合いに応じて速度を落とす。図7Cに示すように、アームの少なくとも一部が禁止領域に含まれる場合（アーム30が禁止領域に接触する場合を含めてもよい）には、アーム30を停止させる。
- [0043] 続いて、図8を参照して、本実施の形態1に係るロボット1の動作について説明する。図8は、本実施の形態1に係るロボット1の動作を示すフローチャートである。
- [0044] ロボット1は、ロボット1に搭載されたセンサ50で、ロボット1の周辺的环境を観測する（S1）。具体的には、センサ50は、ロボット1の周辺的环境を観測し、観測した環境を示す環境情報を生成して制御部11に出力する。例えば、センサ50が3次元距離センサである場合、センサ50は、各方位毎の障害物までの距離を示す情報を環境情報として制御部11に出力する。
- [0045] ロボット1は、観測されたデータからロボット1の周辺の空間を、自由領域、未観測領域、及び禁止領域に分ける（S2）。具体的には、制御部11は、センサ50から出力された環境情報が示す環境に基づいて、障害物が存在する領域（禁止領域）と障害物が存在しない領域（自由領域）とを判定する。制御部11は、その判定結果に従って記憶部12に格納された空間情報を更新する。例えば、空間情報で示される各領域は、初期値として未観測領域を示すようにする。そして、制御部11は、空間情報において、禁止領域として判定した領域は禁止領域を示すように変更し、自由領域として判定した領域は自由領域を示すように変更する。
- [0046] ロボット1は、ロボット1と禁止領域とがオーバーラップしているか否かを判定する（S3）。具体的には、制御部11は、ロボット1の周辺の空間において、アーム30が含まれる領域を計算する。例えば、リンク（アーム

30の関節間の部分)及びグリップ60等のアーム30の各構成要素の形状を示す情報を記憶部12に予め格納しておく。制御部11は、ロボット1の位置と、記憶部12に格納されたその情報が示すアーム30の各構成要素の形状と、アーム30の角度センサ32a、32bのそれぞれから出力された角度信号が示す関節角度に基づいて、ロボット1の周辺の空間においてアーム30が含まれる領域を計算する。そして、制御部11は、アーム30が含まれる領域として計算した領域が、空間情報に基づいて禁止領域であると判定される場合、ロボット1と禁止領域とがオーバーラップしていると判定する。

[0047] ここで、ロボット1の位置(現在位置)は、任意の手法により特定するようにすればよい。例えば、制御部11は、環境情報に基づいて、ロボット1の周りの障害物からの相対位置からロボット1の現在位置を特定するようにしてもよい。また、アクチュエータ21a、21bのそれぞれに対して角度センサを備えるようにし、角度センサで検出されたアクチュエータ21a、21bの角度に基づいて所定のロボット1の基準位置からの総回転角度(車輪が回転した回数)を計算し、計算した総回転角度と車輪の大きさとに基づいて、ロボット1の現在位置を特定するようにしてもよい。

[0048] ロボット1と禁止領域とがオーバーラップしていると判定した場合(S3: YES)、ロボット1は、その動作を一定時間停止させる(S4)。具体的には、制御部11は、アーム30の動作を停止させるように、アクチュエータ31a、31bのそれぞれに対する指令値を計算する。言い換えると、制御部11は、アクチュエータ31a、31bのそれぞれの角速度が0となるように、アクチュエータ31a、31bのそれぞれに対する指令値を計算する。制御部11は、計算した指令値をアクチュエータ31a、31bのそれぞれに出力する。アクチュエータ31a、31bのそれぞれは、制御部11から出力された指令値に従って、アーム30の関節の回転を停止する。すなわち、アーム30の動作が停止される。

[0049] ステップS4の実行終了後は、ステップS1に戻る。すなわち、ロボット

1 は、その動作を一定時間停止させた後に、ステップ S 1 から処理を実行する。例えば、ロボット 1 とオーバーラップしていると判定された禁止領域における障害物が動作する物体（例えば人又は動物等）である場合、一定時間経過後には、その領域は禁止領域で無くなって、ロボット 1 が動作可能となっている可能性がある。よって、このような処理により、ロボット 1 の周辺の空間の最新の状態を観測し、動作可能となっている場合には、ロボット 1 の動作を再開することを可能とする。

[0050] ロボット 1 と禁止領域とがオーバーラップしていないと判定した場合（S 3：NO）、ロボット 1 は、ロボット 1 と未観測領域とがオーバーラップしているか否かを判定する（S 5）。具体的には、制御部 11 は、ロボット 1 の周辺の空間において、アーム 30 が含まれる領域を計算する。例えば、制御部 11 は、上述のステップ S 3 と同様に、ロボット 1 の周辺の空間においてアーム 30 が含まれる領域を計算する。そして、制御部 11 は、アーム 30 が含まれる領域として計算した領域が、空間情報に基づいて未観測領域であると判定される場合、ロボット 1 と未観測領域とがオーバーラップしていると判定する。なお、アーム 30 が含まれる領域は、ステップ S 3 で計算したものをそのまま利用するようにしてもよい。

[0051] ロボット 1 と未観測領域とがオーバーラップしていると判定した場合（S 5：YES）、ロボット 1 は、ロボット 1 と未観測領域がオーバーラップしている部分 RUM の体積 S を計算する（S 6）。具体的には、制御部 11 は、ロボット 1 の位置と、記憶部 12 に格納された情報が示すアーム 30 の各構成要素の形状と、アーム 30 の角度センサ 32 a、32 b のそれぞれから出力された角度信号が示す関節角度と、記憶部 12 に格納された空間情報が示す未観測領域に基づいて、図 9 に示すようなアーム 30 と未観測領域がオーバーラップしている部分 RUM の体積 S を計算する。

[0052] ロボット 1 は、計算した体積 S に反比例するようにアーム 30 の速度を制限する（S 7）。具体的には、制御部 11 は、計算した体積 S が大きくなるに従ってアーム 30 の速度が小さくなるように、アクチュエータ 31 a、3

1 bのそれぞれに対する指令値を計算する。言い換えると、制御部11は、計算した体積Sが大きくなるに従ってアクチュエータ31 a、31 bの角速度が小さくなるように、アクチュエータ31 a、31 bのそれぞれに対する指令値を計算する。制御部11は、計算した指令値をアクチュエータ31 a、31 bのそれぞれに出力する。アクチュエータ31 a、31 bのそれぞれは、制御部11から出力された指令値に従った速度で、アーム30の関節を回転させる。これにより、アーム30が体積Sに反比例した速度で動作する。ステップS6の実行終了後は、ステップS1に戻る。

[0053] ロボット1と未観測領域とがオーバーラップしていないと判定した場合（S5：NO）、ステップS1に戻る。すなわち、ロボット1は、アーム30の速度を制限しない。具体的には、制御部11は、アーム30の速度を制限しないように、アクチュエータ31 a、31 bのそれぞれに対する指令値を計算する。言い換えると、制御部11は、アクチュエータ31 a、31 bの角速度を制限しないように、アクチュエータ31 a、31 bのそれぞれに対する指令値を計算する。制御部11は、計算した指令値をアクチュエータ31 a、31 bのそれぞれに出力する。アクチュエータ31 a、31 bのそれぞれは、制御部11から出力された指令値に従った速度で、アーム30の関節を回転させる。これにより、アーム30が制限されない速度で動作する。すなわち、この速度は、ロボット1と未観測領域とがオーバーラップしていると判定した場合におけるアーム30の速度よりも高い速度となる。

[0054] 以上、本実施の形態1について説明したが、上述した内容そのものに限られず、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更してよい。例えば、上記説明では、図9に示すようなアーム30と未観測領域がオーバーラップしている部分RUMの体積Sが大きくなるに従って、アーム30の速度の減少度合いを大きくするようにしている（S6、S7）が、アーム30と未観測領域とがオーバーラップしている場合に、速度が制限されるのであれば、これに限られない。例えば、アーム30と未観測領域がオーバーラップしていない場合には、アーム30の速度を第1の速度とし、アーム30と未観測領域がオーバー

ラップしている場合には、アーム 30 の速度を第 1 の速度よりも低い第 2 の速度とするようにしてもよい。すなわち、アーム 30 の速度は、アーム 30 と未観測領域がオーバーラップしている部分 RUM の体積 S に関わらず、一定の速度とするようにしてもよい。また、アーム 30 と未観測領域がオーバーラップしている部分 RUM の体積 S が所定の閾値を超えた場合に、アーム 30 の速度を第 2 の速度とするようにしてもよい。また、アーム 30 と禁止領域との距離が近くなるに従って、アーム 30 の速度の減少度合いを大きくするようにしてもよい。

[0055] また、上記説明では、アーム 30 と禁止領域がオーバーラップしている場合には、アーム 30 の動作を停止させる（S4）ようにしているが、アーム 30 と未観測領域がオーバーラップしている場合よりもさらにアーム 30 の速度を減少させるものであれば、完全に停止させる（速度 0 とする）ことには限られない。すなわち、アーム 30 と禁止領域がオーバーラップしていると判定した場合には、制御部 11 は、アーム 30 と未観測領域がオーバーラップしている場合よりも低い速度でアーム 30 を動作させるように、アクチュエータ 31 a、31 b を制御するようにしてもよい。

[0056] また、上記説明では、アーム 30 と禁止領域がオーバーラップしている場合には、アーム 30 の動作を停止させる（S4）ようにしているが、それに代えて他の動作を実施するようにしてもよく、それに加えて他の動作を実行するようにしてもよい。例えば、アーム 30 と禁止領域がオーバーラップしていると判定した場合には、制御部 11 は、アーム 30 の動作を停止させることに代えて、アーム 30 が禁止領域がオーバーラップしていると判定する前の状態にアーム 30 を戻すように、アクチュエータ 31 a、31 b を制御するようにしてもよい。また、他の動作として、ロボット 1 にスピーカのような出音装置を備えるようにし、出音装置からアラーム音声を出音することでアーム 30 と禁止領域がオーバーラップしていることをユーザに通知するようにしてもよい。また、他の動作として、ロボット 1 に LED のような発光装置を備えるようにし、発光装置を発光させることでロボット 1 と禁止

領域がオーバーラップしていることをユーザに通知するようにしてもよい。また、他の動作として、ロボット1に液晶ディスプレイ又は有機ELディスプレイ等の表示装置を備えるようにし、表示装置にアラーム画像を表示することでアーム30と禁止領域がオーバーラップしていることをユーザに通知するようにしてもよい。

[0057] また、上記説明では、アーム30の動作を一定時間停止させた後に、再度環境を観測し、アーム30と禁止領域がオーバーラップしなくなっている場合には、アーム30を再度動作させるようにしている（S4、S1、S3：NO）が、これに限られない。例えば、制御部11は、アーム30の動作を停止させたままとするようにしてもよい。また、制御部11は、ユーザから操作端末9を介して動作再開の指示を受けた場合に、アーム30を再度動作させるようにしてもよい。具体的には、操作端末9は、ユーザからタッチパネル等の入力装置によって動作再開を指示する入力を受けた場合、動作再開を指示する無線信号を生成し、ロボット1に送信する。ロボット1の通信部13は、操作端末9から受信した無線信号を電気信号に変換し、動作再開を指示する情報として制御部11に出力する。制御部11は、通信部13からの動作再開を指示する情報の出力に応じて、アーム30を再度動作させる。

[0058] 以上に説明したように、本実施の形態1に係るロボット1は、ロボット1の周辺の環境情報を取得するセンサ50（環境情報取得手段）と、環境情報取得手段により環境情報が取得できていない未観測領域内でロボット1を動作させる場合には、ロボット1の駆動力を減少させる制御部11（制御手段）と、を備えるようにしている。

[0059] そのため、ロボット1が障害物に接触したとしても、障害物に対して大きな衝撃を与えることもなく、ロボット1が障害物から大きな衝撃を受けることもない。したがって、ロボット1を未観測領域内で動作させる場合であっても安全性を向上することができる。

[0060] また、本実施の形態1に係るロボット1は、ロボット1の周辺の領域のそれぞれが、未観測領域、禁止領域、及び自由領域のうち、いずれの領域であ

るのかを示す空間情報（領域情報）が格納される記憶部 12（格納手段）を備えるようにしている。そして、制御部 11 は、センサ 50 により取得された環境情報に基づいて、ロボット 1 の周辺の領域が、未観測領域、禁止領域、及び自由領域のうち、いずれの領域であるのかを判定して、その判定結果に応じて空間情報を更新するとともに、空間情報に基づいて、ロボット 1 を動作させる領域が、未観測領域、禁止領域、及び自由領域のうち、いずれの領域であるのかを判定するようにしている。

[0061] そのため、ロボット 1 が、現時点でセンサ 50 の観測可能範囲にない障害物であっても、過去にセンサ 50 によって観測している障害物を回避して動作することが可能となる。したがって、ロボット 1 が動作する際の安全性をより向上することができる。

[0062] また、本実施の形態 1 に係るロボット 1 では、制御部 11 が未観測領域に含まれるロボット 1 の体積が大きくなるに従ってロボット 1 の駆動力の減少度合いが大きくなるように、ロボット 1 の駆動力を減少させるようにしている。

[0063] そのため、ロボット 1 が未観測領域の中により大きく侵入し、障害物と接触する蓋然性が高まるほど、ロボット 1 の駆動力をより大きく減少させることができる。したがって、ロボット 1 が動作する際の安全性をより向上することができる。

[0064] <発明の実施の形態 2>

続いて、本実施の形態 2 に係るロボット 2 について説明する。ここで、上記の実施の形態 1 では、アーム 30 と未観測領域とのオーバーラップ部分に応じてアーム 30 の速度自体を変更していたが、アーム 30 の速度自体を変更するのではなく、アーム 30 のフィードバックループのゲインを変更することで、ロボット 2 のアーム 30 が未観測領域における障害物にぶつかった際の衝撃力を緩和することができる。本実施の形態 2 では、その手法について説明する。

[0065] 本実施の形態 2 に係るロボット 2 の構成については、図 1 及び図 2 を参照

して説明した実施の形態１に係るロボット１の構成と同様であるため、その説明を省略する。ただし、上述の手法による制御を実現するために、制御部１１の動作が一部異なる。

[0066] 本実施の形態２では、制御部１１は、ロボット２のアーム３０をフィードバック制御する。上述した構成によれば、制御部１１は、フィードバック制御として、角度センサ３２ａ、３２ｂによって検出される角度に基づいてフィードバック制御（例えば位置制御又は速度制御）を実施する。しかしながら、フィードバック制御の種類は、これに限られない。制御部１１は、例えば位置制御、速度制御、及びトルク制御等の各種フィードバック制御のうち、任意のフィードバック制御を実施するようにしてよい。

[0067] 例えば、位置制御を実施する場合には、制御部１１は、角度センサ３２ａ、３２ｂのそれぞれから出力される角度信号が示すアクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれの角度とアクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれの目標角度の偏差と、ゲインとに基づいて、アクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれに対する指令値を生成し、アクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれに出力する。

[0068] また、速度制御を実施する場合には、制御部１１は、角度センサ３２ａ、３２ｂから出力される角度信号が示すアクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれの角度を微分することで、アクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれの角速度を算出する。制御部１１は、算出したアクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれの角速度とアクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれの目標角速度の偏差と、ゲインとに基づいて、アクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれに対する指令値を生成し、アクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれに出力する。なお、アクチュエータ３１ａ、３１ｂのそれぞれに対して、アクチュエータ３１ａ、３１ｂの角速度を検出し、検出した角速度を示す角速度信号を制御部１１に出力する角速度センサ（タコジェネレータ）をロボット２に備えるようにしてもよい。そして、制御部１１は、角度から算出するアクチュエータ３１ａ、３１ｂの角速度に代えて、角速度センサから出力される

角度信号が示すアクチュエータ 31 a、31 b の角速度を使用するようにしてもよい。

[0069] なお、トルク制御を実施する場合には、アクチュエータ 31 a、31 b のそれぞれに対して、アクチュエータ 31 a、31 b のトルクを検出し、検出したトルクを示すトルク信号を制御部 11 に出力するトルクセンサをロボット 2 に備えるようにする。そして、制御部 11 は、トルクセンサから出力されるトルク信号が示すアクチュエータ 31 a、31 b のそれぞれのトルクとアクチュエータ 31 a、31 b のそれぞれの目標トルクの偏差と、ゲインとに基づいて、アクチュエータ 31 a、31 b のそれぞれに対する指令値を生成し、アクチュエータ 31 a、31 b のそれぞれに出力する。

[0070] なお、フィードバック制御における具体的な指令値の導出方法は、既知の技術を利用すればよいとため、詳細な説明は省略する。

[0071] 続いて、図 10 A～図 10 C を参照して、本実施の形態 2 に係るロボット 2 の動作方法について説明する。図 10 A は、本実施の形態 2 に係るロボット 2 の自由領域における動作を示す図である。図 10 B は、本実施の形態 2 に係るロボット 2 の未観測領域における動作を示す図である。図 10 C は、本実施の形態 2 に係るロボット 2 の禁止領域における動作を示す図である。

[0072] 図 10 A に示すように、アーム 30 の全てが自由領域で動作していると判定した場合、制御部 11 は、高いゲインでアーム 30 をフィードバック制御する。図 10 B に示すように、アーム 30 の少なくとも一部が未観測領域で動作していると判定した場合（アーム 30 が未観測領域に接触する場合を含めてもよい）、制御部 11 は、アーム 30 が自由領域で動作している場合よりも低いゲインでアーム 30 をフィードバック制御する。図 10 C に示すように、アーム 30 の少なくとも一部が禁止領域で動作していると判定した場合（アーム 30 が禁止領域に接触する場合を含めてもよい）、制御部 11 は、アーム 30 が未観測領域で動作している場合よりも、さらに低いゲインでアーム 30 をフィードバック制御する。

[0073] このように、ロボット 2 を動作させる際に、アーム 30 が動作する領域が

観測済みか否かによりアーム30のフィードバック制御におけるゲインを変えることにより、認識できていない物体と接触する可能性がある未観測領域ではアーム30のゲインを落としている。これにより、万が一、物体と接触した場合であっても、その物体に対する影響を軽減することができる。また、自由領域においては必要以上にゲインを落とすことが無いため、ロボット2の高精度な動作が可能となる。

[0074] 続いて、図11を参照して、本実施の形態2に係るロボット2の動作について説明する。図11は、本実施の形態2に係るロボット2の動作を示すフローチャートである。ステップS1～S3、S5については、図8を参照して説明した実施の形態1における処理と同様であるため、同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0075] ロボット2と未観測領域とがオーバーラップしていると判定した場合（S5：YES）、制御部11は、フィードバックループのゲインを低いゲインに変更する（S10）。

[0076] ロボット2と禁止領域とがオーバーラップしていると判定した場合（S3：YES）、制御部11は、フィードバックループのゲインを、さらに低いゲインに変更する（S11）。このゲインは、ステップS10で設定するゲイン（第1のゲイン）よりも、さらに低いゲイン（第2のゲイン）となる。

[0077] ロボット2と未観測領域とがオーバーラップしていないと判定した場合（S5：NO）、ステップS1に戻る。すなわち、制御部11は、フィードバックループのゲインを、低ゲインに変更しない。よって、ステップS10又はS11が実行されて、フィードバックループのゲインとして低ゲインが設定されている場合には、制御部11は、フィードバックループのゲインを高いゲインに変更する。このゲインは、ステップS10で設定するゲイン（第1のゲイン）よりも、高いゲイン（第3のゲイン）となる。

[0078] 以上、本実施の形態2について説明したが、上述した内容そのものに限られず、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更してよい。例えば、ロボット2と未観測領域とがオーバーラップしていると判定した場合、及び、ロボット2と

禁止領域とがオーバーラップしていると判定した場合において、低いゲインを設定するときに、さらに、ロボット2と未観測領域又は禁止領域がオーバーラップしている部分RUMの体積Sが大きくなるに従って、ゲインの減少度合いを大きくするようにしてもよい。

[0079] また、上記説明では、ロボット2と禁止領域がオーバーラップしている場合には、アーム30のフィードバック制御におけるゲインを低いゲインに変更するようにしているが、それに代えてアーム30の動作を停止させるようにしてもよい。また、実施の形態1において上述したように、それに代えて他の動作を実施するようにしてもよく、それに加えて他の動作を実行するようにしてもよい。

[0080] 以上に説明したように、本実施の形態2では、ロボット2のフィードバック制御におけるゲインを減少させることで、ロボット2の駆動力を減少させるようにしている。すなわち、ロボット1、2の駆動力及びそれにより障害物にロボット1、2が接触した際に障害物に加わる力を減少させるものであれば、速度及びゲインのみに限られず、ロボット1、2の制御に関する様々なパラメータを制御するようにしてもよい。

[0081] <発明の実施の形態3>

続いて、本実施の形態3に係るロボット3について説明する。ここで、上記の実施の形態1では、ロボット1のアーム30の速度を制御する場合について説明したが、同様に、ロボット1（ロボット本体10）の移動速度を制御するようにしてもよい。これによれば、ロボット1（ロボット本体10）が未観測領域における障害物にぶつかった際の衝撃力を緩和することができる。本実施の形態3では、その手法について説明する。

[0082] 本実施の形態3に係るロボット3の構成については、図1及び図2を参照して説明した実施の形態1に係るロボット1の構成と同様であるため、その説明を省略する。ただし、上述の手法による制御を実現するために、制御部11の動作が一部異なる。なお、本実施の形態3に係るロボット1は、アーム30を有さない台車型のロボットであってもよい。

- [0083] 本実施の形態3では、制御部11は、ロボット本体10が自由領域、未観測領域、及び禁止領域のうち、いずれの領域で動作しているかによって、ロボット1（ロボット本体10）の移動速度を変更する。
- [0084] 続いて、図12を参照して、本実施の形態3に係るロボット3の環境認識方法及び動作方法について説明する。図12は、本実施の形態3に係るロボット3の各領域で動作する例を示す図である。
- [0085] 実施の形態1に係るロボット1は、ロボット1の周辺的环境を3次元空間の形式で捉えて各種領域に分類するようにしていたが、本実施の形態3に係るロボット3は、ロボット1の周辺的环境を2次元空間（2次元平面）の形式で捉えて各種領域に分類する。具体的には、制御部11は、ロボット1の周辺の路面（2次元空間）を、禁止領域、未観測領域、及び自由領域のうち、いずれかの領域に分類する。
- [0086] 制御部11は、ロボット1の周辺の路面において、センサ50によって観測されており、かつ、その路面の直上に障害物が置かれている領域を禁止領域として決定する。また、制御部11は、ロボット1の周辺の路面において、センサ50によって観測していない領域を未観測領域として決定する。また、制御部11は、ロボット1の周辺の路面において、センサ50によって観測されており、かつ、その路面の直上に障害物が検出されなかった領域を自由領域として決定する。
- [0087] ここで、制御部11は、ロボット3の周辺の空間を分割した領域のそれぞれが、上記3つの分類のいずれの領域に属するかを示す情報を空間情報として記憶部12に記憶することで、ロボット1の周辺の空間の観測結果を管理する。例えば、単純には、空間情報として二次元配列を記憶部12に用意してもよい。この場合、この二次元配列の各要素は、ロボット3の周辺の空間（路面）を分割した領域のそれぞれに対応する。そして、制御部11は、二次元配列の各要素について、ロボット3の周辺の空間を分割したある領域が上記3つの分類におけるいずれの領域となるかを決定した場合、その領域に対応する要素に、決定した分類を示す値を格納する。この値は、禁止領域、

未観測領域、及び自由領域のうちのいずれの領域であるかを一意に特定することができる値であれば、任意の値を予め定めるようにしてよい。

[0088] そして、図12に示すように、鉛直方向においてロボット本体10の全てが自由領域で動作（自由領域上で移動）していると判定した場合、制御部11は、高い速度でロボット3（ロボット本体10）を移動させる。鉛直方向においてロボット本体10の少なくとも一部が未観測領域で動作（未観測領域上で移動）していると判定した場合（ロボット本体10が未観測領域に接触する場合を含めてもよい）、制御部11は、ロボット本体10が自由領域で動作している場合よりも低い速度でロボット3を移動させる。鉛直方向においてロボット本体10の少なくとも一部が禁止領域で動作（禁止領域上で移動）していると判定した場合（ロボット本体10が禁止領域に接触する場合を含めてもよい）、制御部11は、ロボット本体10の移動を完全に停止させる。

[0089] このように、ロボット3を動作させる際に、ロボット本体10が動作する領域が観測済みか否かによりロボット本体10の速度を変えることで、ロボット3が認識できていない物体とロボット本体10が接触する可能性がある未観測領域ではロボット本体10の速度を落としている。これにより、万一、ロボット本体10が物体と接触した場合であっても、その物体に対する影響を軽減することができる。また、自由領域においては必要以上に速度を落とすことが無いため、ロボット3の高速な移動が可能となる。

[0090] 続いて、図13を参照して、本実施の形態3に係るロボット3の動作について説明する。図13は、本実施の形態3に係るロボット3の動作を示すフローチャートである。ステップS1については、図8を参照して説明した実施の形態1における処理と同様であるため、同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0091] ロボット3は、観測されたデータからロボット3の周辺の空間を、自由領域、未観測領域、及び禁止領域に分ける（S20）。本実施の形態3では、上述したように記憶部12に格納される空間情報を二次元空間の情報として

いる点以外は、実施の形態１と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0092] ロボット３は、ロボット３と禁止領域とがオーバーラップしているか否かを判定する（Ｓ２１）。具体的には、制御部１１は、ロボット３の周辺の空間において、ロボット本体１０が含まれる領域を算出する。例えば、ロボット本体１０の形状を示す情報を記憶部１２に予め格納しておく。制御部１１は、記憶部１２に格納されたその情報が示すロボット本体１０の形状と、ロボット３の位置に基づいて、ロボット３の周辺の空間において鉛直方向に見た場合にロボット本体１０が含まれる領域を計算する。そして、制御部１１は、ロボット本体１０が含まれる領域として計算した領域が、空間情報に基づいて禁止領域であると判定される場合、ロボット３と禁止領域とがオーバーラップしていると判定する。

[0093] ロボット３と禁止領域とがオーバーラップしていると判定した場合（Ｓ２１：ＹＥＳ）、ロボット３は、その動作を一定時間停止させる（Ｓ２２）。具体的には、制御部１１は、ロボット３の移動を停止させるように、アクチュエータ２１ａ、２１ｂに対する指令値を計算する。言い換えると、制御部１１は、アクチュエータ２１ａ、２１ｂの角速度が０となるように、アクチュエータ２１ａ、２１ｂに対する指令値を計算する。制御部１１は、計算した指令値をアクチュエータ２１ａ、２１ｂのそれぞれに出力する。アクチュエータ２１ａ、２１ｂのそれぞれは、制御部１１から出力された指令値に従って、車輪２２ａ、２２ｂの回転を停止する。すなわち、ロボット３（ロボット本体１０）の移動が停止する。

[0094] ステップＳ２２の実行終了後は、ステップＳ１に戻る。すなわち、ロボット３は、その動作を一定時間停止させた後に、ステップＳ１から処理を実行する。例えば、ロボット３とオーバーラップしていると判定された禁止領域における障害物が動作する物体（例えば人又は動物等）である場合、一定時間経過後には、その領域は禁止領域で無くなって、ロボット３が動作可能となっている可能性がある。よって、このように動作することで、ロボット３の周辺の空間の最新の状態を観測し、動作可能となっている場合には動作を

再開することを可能とする。

[0095] ロボット3と禁止領域とがオーバーラップしていないと判定した場合（S 2 1 : N O）、ロボット3は、ロボット3と未観測領域とがオーバーラップしているか否かを判定する（S 2 2）。具体的には、制御部11は、ロボット3の周辺の空間において、ロボット本体10が含まれる領域を算出する。例えば、制御部11は、上述のステップS 2 1と同様に、鉛直方向に見た場合にロボット3の周辺の空間においてロボット本体10が含まれる領域を算出する。そして、制御部11は、ロボット本体10が含まれる領域として算出した領域が、空間情報に基づいて未観測領域であると判定した場合、ロボット3と未観測領域とがオーバーラップしていると判定する。

[0096] ロボット3と未観測領域とがオーバーラップしていると判定した場合（S 2 2 : Y E S）、ロボット3は、ロボット3と未観測領域がオーバーラップしている部分R U Mの面積Aを計算する（S 2 3）。具体的には、制御部11は、ロボット3の位置と、記憶部12に格納された情報が示すロボット本体10の形状と、記憶部12に格納された空間情報が示す未観測領域に基づいて、図14に示すような鉛直方向においてロボット本体10と未観測領域がオーバーラップしている部分R U Mの面積Aを計算する。

[0097] ロボット3は、計算した面積Aに反比例するようにロボット3の移動速度を制限する（S 2 4）。具体的には、制御部11は、計算した面積Aが大きくなるに従ってロボット3（ロボット本体10）の移動速度が小さくなるように、アクチュエータ21a、21bに対する指令値を計算する。言い換えると、制御部11は、計算した面積Aが大きくなるに従ってアクチュエータ21a、21bの角速度が小さくなるように、アクチュエータ21a、21bに対する指令値を計算する。制御部11は、計算した指令値をアクチュエータ21a、21bのそれぞれに出力する。アクチュエータ21a、21bのそれぞれは、制御部11から出力された指令値に従った速度で、ロボット本体10の下部の車輪22a、22bを回転させる。これにより、ロボット1が面積Aに反比例した速度で移動する。ステップS 2 4の実行終了後は、

ステップS 1に戻る。

[0098] ロボット3と未観測領域とがオーバーラップしていないと判定した場合（S 2 2 : N O）、ステップS 1に戻る。すなわち、ロボット3は、ロボット3の移動速度を制限しない。具体的には、制御部1 1は、ロボット3の移動速度を制限しないように、アクチュエータ2 1 a、2 1 bに対する指令値を計算する。言い換えると、制御部1 1は、アクチュエータ2 1 a、2 1 bの角速度を制限しないように、アクチュエータ2 1 a、2 1 bに対する指令値を計算する。制御部1 1は、計算した指令値をアクチュエータ2 1 a、2 1 bのそれぞれに出力する。アクチュエータ2 1 a、2 1 bのそれぞれは、制御部1 1から出力された指令値に従って、ロボット本体1 0の下部の車輪2 2 a、2 2 bを回転させる。これにより、ロボット3が制限されない速度で移動する。すなわち、この速度は、ロボット3と未観測領域とがオーバーラップしていると判定した場合におけるロボット3の速度よりも高い速度となる。

[0099] 以上、本実施の形態3について説明したが、上述した内容そのものに限られず、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更してよい。例えば、上記説明では、図1 4に示すようなロボット本体1 0と未観測領域がオーバーラップしている部分R U Mの面積Aが大きくなるに従って、ロボット3（ロボット本体1 0）の移動速度の減少度合いを大きくするようにしている（S 2 3、S 2 4）が、ロボット本体1 0と未観測領域とがオーバーラップしている場合に、移動速度が制限されるのであれば、これに限られない。例えば、ロボット本体1 0と未観測領域がオーバーラップしていない場合には、ロボット3の移動速度を第1の速度とし、ロボット本体1 0と未観測領域がオーバーラップしている場合には、ロボット3の移動速度を第1の速度よりも低い第2の速度とするようにしてもよい。すなわち、ロボット3の移動速度は、ロボット本体1 0と未観測領域がオーバーラップしている部分R U Mの面積Aに関わらず、一定の速度とするようにしてもよい。また、ロボット本体1 0と未観測領域がオーバーラップしている部分R U Mの面積Aが所定の閾値を超えた

場合に、ロボット3の移動速度を第2の速度とするようにしてもよい。また、ロボット3（ロボット本体10）と禁止領域との距離が近くなるに従って、ロボット3の移動速度の減少度合いを大きくするようにしてもよい。

[0100] また、上記説明では、ロボット本体10と禁止領域がオーバーラップしている場合には、ロボット3を移動停止させる（S22）ようにしているが、ロボット本体10と未観測領域がオーバーラップしている場合よりもさらにロボット3の移動速度を減少させるものであれば、完全に停止させる（移動速度0とする）ことには限られない。すなわち、ロボット本体10と禁止領域がオーバーラップしていると判定した場合には、制御部11は、ロボット3と未観測領域がオーバーラップしている場合よりも低い速度でロボット3を移動させるように、アクチュエータ21a、21bを制御するようにしてもよい。

[0101] また、上記説明では、ロボット本体10と禁止領域がオーバーラップしている場合には、ロボット3を移動停止させる（S22）ようにしているが、それに代えて他の動作を実施するようにしてもよく、それに加えて他の動作を実行するようにしてもよい。例えば、ロボット本体10と禁止領域がオーバーラップしていると判定した場合には、制御部11は、ロボット3を移動停止させることに代えて、ロボット本体10が禁止領域がオーバーラップしていると判定する前の状態にロボット3の位置を戻すように、アクチュエータ21a、21bを制御するようにしてもよい。また、実施の形態1において上述したように、出音装置、発光装置、又は表示装置によって、ロボット本体10と禁止領域がオーバーラップしていることをユーザに通知するようにしてもよい。

[0102] また、上記説明では、ロボット3の動作を一定時間停止させた後に、再度環境を観測し、ロボット本体10と禁止領域がオーバーラップしなくなっている場合には、ロボット3を再度移動させるようにしている（S22、S1、S21:NO）が、これに限られない。例えば、制御部11は、ロボット3を移動停止させたままとするようにしてもよい。また、制御部11は、ユ

ーザから操作端末 9 を介して動作再開の指示を受けた場合に、ロボット 3 を再度移動せるようにしてもよい。具体的には、操作端末 9 は、ユーザからタッチパネル等の入力装置によって動作再開を指示する入力を受けた場合、動作再開を指示する無線信号を生成し、ロボット 3 に送信する。ロボット 3 の通信部 13 は、操作端末 9 から受信した無線信号を電気信号に変換し、動作再開を指示する情報として制御部 11 に出力する。制御部 11 は、通信部 13 からの動作再開を指示する情報の出力に応じて、ロボット 3 を再度移動させる。

[0103] また、上記説明では、ロボット 3 の周辺の環境を 2 次元空間の形式で捉えて各種領域に分類するようにしていたが、実施の形態 1、2 と同様に、3 次元空間の形式で捉えて各種領域に分類するようにしてもよい。例えば、この場合は、ステップ S 23、S 24 においても、ロボット本体 10 と未観測領域がオーバーラップしている部分 RUM の体積が大きくなるに従って、ロボット 3（ロボット本体 10）の移動速度の減少度合いを大きくするようにしてもよい。

[0104] 以上に説明したように、本実施の形態 3 は、未観測領域内でロボット 3 を移動させる場合に、ロボット 3 の駆動力として、ロボット 3 を移動させる駆動力を減少させるようにしている。なお、実施の形態 1、2 では、未観測領域内でロボット 1、2 が有するアーム 30 を動作させる場合に、ロボット 3 の駆動力として、ロボット 1、2 が有するアーム 30 の駆動力を減少させるようにしていた。

[0105] すなわち、未観測領域等とのオーバーラップの判定及びその判定結果による駆動力の減少の対象となる箇所は、ロボットが動作することにより、障害物と接触する可能性のある部分であれば、ロボットにおける任意の箇所を予め定めるようにしてよい。また、ロボットにおいて、未観測領域等とのオーバーラップの判定の対象となる箇所と、その判定結果による駆動力の減少の対象となる箇所とは、同一の箇所であってもよく、異なる箇所であってもよい、

[0106] <発明の実施の形態４>

続いて、本実施の形態４に係るロボット４について説明する。ここで、上記の実施の形態３では、ロボット本体１０と未観測領域とのオーバーラップ部分に応じてロボット４（ロボット本体１０）の移動速度自体を変更していたが、ロボット４の移動速度自体を変更するのではなく、ロボット４のフィードバックループのゲインを変更するようにしてもよい。すなわち、上記の実施の形態２では、ロボット２のアーム３０の速度を制御する場合について説明したが、同様に、ロボット４（ロボット本体１０）の移動速度を制御するようにしてもよい。これによれば、ロボット４（ロボット本体１０）が未観測領域における障害物にぶつかった際の衝撃力を緩和することができる。本実施の形態４では、その手法について説明する。

[0107] 本実施の形態４に係るロボット４の外部構成については、図１を参照して説明した実施の形態１に係るロボット１の外部構成と同様であるため、その説明を省略する。ただし、図１５に示すように、本実施の形態４に係るロボット４は、その内部構成として、実施の形態１に係るロボット１と比較して、さらに、角度センサ２３ａ、２３ｂを有する。また、上述の手法による制御を実現するために、制御部１１の動作が一部異なる。

[0108] 角度センサ２３ａ、２３ｂのそれぞれは、アクチュエータ２１ａ、２１ｂのそれぞれの角度を検出するセンサである。角度センサ２３ａは、アクチュエータ２１ａに取り付けられており、アクチュエータ２１ａの角度を検出する。角度センサ２３ａは、検出した角度を示す角度信号を制御部１１に出力する。角度センサ２３ｂは、アクチュエータ２１ｂに取り付けられており、アクチュエータ２１ｂの角度を検出する。角度センサ２３ｂは、検出した角度を示す角度信号を制御部１１に出力する。

[0109] 本実施の形態４では、制御部１１は、ロボット４（ロボット本体１０）の移動をフィードバック制御する。上述した構成によれば、制御部１１は、フィードバック制御として、角度センサ２３ａ、２３ｂによって検出される角度に基づいてフィードバック制御（例えば位置制御又は速度制御）を実施す

ることになるが、これに限られない。制御部 11 は、例えば位置制御、速度制御、及びトルク制御等のフィードバック制御のうち、任意のフィードバック制御を実施するようにしてよい。

[0110] 例えば、位置制御を実施する場合には、制御部 11 は、角度センサ 23 a、23 b のそれぞれから出力される角度信号が示すアクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれの角度とアクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれの目標角度の偏差と、ゲインとに基づいて、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれに対する指令値を生成し、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれに出力する。

[0111] また、速度制御を実施する場合には、制御部 11 は、角度センサ 23 a、23 b のそれぞれから出力される角度信号が示すアクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれの角度を微分することで、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれの角速度を算出する。制御部 11 は、算出したアクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれの角速度とアクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれの目標角速度と、ゲインとに基づいて、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれに対する指令値を生成し、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれに出力する。なお、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれに対して、アクチュエータ 21 a、21 b の角速度を検出し、検出した角速度を示す角速度信号を制御部 11 に出力する角速度センサ（タコジェネレータ）をロボット 4 に備えるようにしてよい。そして、制御部 11 は、角度から算出するアクチュエータ 21 a、21 b の角速度に代えて、角速度センサから出力される角度信号が示すアクチュエータ 21 a、21 b の角速度を使用するようにしてもよい。

[0112] なお、トルク制御を実施する場合には、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれに対して、アクチュエータ 21 a、21 b のトルクを検出し、検出したトルクを示すトルク信号を制御部 11 に出力するトルクセンサをロボット 4 に備えるようにする。そして、制御部 11 は、トルクセンサから出力されるトルク信号が示すアクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれのトルクと

アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれの目標トルクの偏差と、ゲインとに基づいて、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれに対する指令値を生成し、アクチュエータ 21 a、21 b のそれぞれに出力する。

[0113] なお、フィードバック制御における具体的な指令値の導出方法は、既知の技術を利用すればよいため、詳細な説明は省略する。

[0114] そして、鉛直方向においてロボット本体 10 の全てが自由領域で動作していると判定した場合、制御部 11 は、高いゲインでロボット 4 の移動をフィードバック制御する。ロボット本体 10 の少なくとも一部が未観測領域で動作していると判定した場合（ロボット本体 10 が未観測領域に接触する場合を含めてもよい）、制御部 11 は、鉛直方向においてロボット本体 10 が自由領域で移動している場合よりも低いゲインでロボット本体 10 の移動をフィードバック制御する。鉛直方向においてロボット本体 10 の少なくとも一部が禁止領域で動作していると判定した場合（ロボット本体 10 が禁止領域に接触する場合を含めてもよい）、制御部 11 は、ロボット本体 10 が未観測領域で移動している場合よりも、さらに低いゲインでロボット本体 10 の移動をフィードバック制御する。

[0115] このように、ロボット 4 を動作させる際に、ロボット本体 10 が動作する領域が観測済か否かによりロボット本体 10 の移動のフィードバック制御におけるゲインを変えることで、ロボット 4 が認識できていない物体とロボット本体 10 が接触する可能性がある未観測領域ではロボット本体 10 の衝突力を落としている。これにより、万が一、ロボット本体 10 が物体と接触した場合であっても、その物体に対する影響を軽減することができる。また、自由領域においては必要以上にゲインを落とすことが無いため、ロボット 4 の高精度な動作が可能となる。

[0116] 続いて、図 16 を参照して、本実施の形態 4 に係るロボット 4 の動作について説明する。図 16 は、本実施の形態 4 に係るロボット 4 の動作を示すフローチャートである。ステップ S1、S20～S22 については、図 8 を参照して説明した実施の形態 1 における処理と同様であるため、同一の符号を

付し、その説明を省略する。

- [0117] ロボット4と未観測領域とがオーバーラップしていると判定した場合（S22：YES）、制御部11は、フィードバックループのゲインを低いゲインに変更する（S30）。
- [0118] ロボット4と禁止領域とがオーバーラップしていると判定した場合（S21：YES）、制御部11は、フィードバックループのゲインを、さらに低いゲインに変更する（S31）。このゲインは、ステップS30で設定するゲイン（第1のゲイン）よりも、さらに低いゲイン（第2のゲイン）となる。
- [0119] ロボット4と未観測領域とがオーバーラップしていないと判定した場合（S22：NO）、ステップS1に戻る。すなわち、制御部11は、フィードバックループのゲインを、低ゲインに変更しない。よって、ステップS30又はS31が実行されて、フィードバックループのゲインとして低ゲインが設定されている場合には、制御部11は、フィードバックループのゲインを高いゲインに変更する。このゲインは、ステップS30で設定する（第1のゲイン）よりも、高いゲイン（第3のゲイン）となる。
- [0120] 以上、本実施の形態4について説明したが、上述した内容そのものに限られず、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更してよい。例えば、ロボット本体10と未観測領域とがオーバーラップしていると判定した場合、及び、ロボット本体10と禁止領域とがオーバーラップしていると判定した場合において、低いゲインを設定するときに、さらに、ロボット本体10と未観測領域又は禁止領域がオーバーラップしている部分RUMの面積Aが大きくなるに従って、ゲインの減少度合いを大きくするようにしてもよい。なお、この面積Aは、実施の形態3で上述したように、ロボット4の周辺の環境を3次元空間として捉える場合には、ロボット本体10と未観測領域又は禁止領域がオーバーラップしている部分RUMの体積に代えてもよい。
- [0121] また、上記説明では、ロボット本体10と禁止領域がオーバーラップしている場合には、ロボット4の移動のフィードバック制御におけるゲインを低

いゲインに変更するようにしているが、それに代えてロボット4の移動を停止させるようにしてもよい。また、実施の形態3において上述したように、それに代えて他の動作を実施するようにしてもよく、それに加えて他の動作を実行するようにしてもよい。

[0122] 以上に説明したように、本実施の形態4では、ロボット4のフィードバック制御におけるゲインを減少させることで、ロボット4の駆動力を減少させるようにしている。すなわち、ロボット3、4の駆動力及びそれにより障害物にロボット3、4が接触した際に障害物に加わる力を減少させるものであれば、速度及びゲインのみに限られず、ロボット3、4の制御に関する様々なパラメータを制御するようにしてもよい。

[0123] なお、本発明は上記の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、上記の実施の形態1、2と実施の形態3、4とは任意の組み合わせで組み合わせて実施することも可能である。

[0124] この出願は、2013年8月30日に提出された日本出願特願2013-179219を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0125] 1、2、3、4 ロボット

9 操作端末

10 ロボット本体

20 移動台車

30 アーム

40 頭部

50 センサ

60 グリッパ

11 制御部

12 記憶部

1 3 通信部

2 1 a、2 1 b アクチュエータ

2 2 a、2 2 b 車輪

2 3 a、2 3 b 角度センサ

3 1 a、3 1 b アクチュエータ

3 2 a、3 2 b 角度センサ

4 1 アクチュエータ

請求の範囲

- [請求項1] 周辺の環境を観測しながら動作するロボットであって、
前記ロボットの周辺の環境情報を取得する環境情報取得手段と、
前記環境情報取得手段により環境情報が取得できていない未観測領域内で前記ロボットを動作させる場合には、前記ロボットの駆動力を減少させる制御手段と、
を備えることを特徴とするロボット。
- [請求項2] 前記制御手段は、前記環境情報取得手段により環境情報が取得できており、かつ当該環境情報に基づいて障害物が存在すると判定できている禁止領域内で前記ロボットを動作させる場合には、前記環境情報が取得できていない領域内で前記ロボットを動作させる場合よりも前記ロボットの駆動力を減少させる、
請求項1に記載のロボット。
- [請求項3] 前記制御手段は、前記環境情報取得手段により環境情報が取得できており、かつ当該環境情報に基づいて障害物が存在しないと判定できている自由領域内で前記ロボットを動作させる場合には、前記ロボットの駆動力を減少させない、
請求項2に記載のロボット。
- [請求項4] 前記ロボットは、前記ロボットの周辺の領域のそれぞれが、前記未観測領域、前記禁止領域、及び前記自由領域のうち、いずれの領域であるのかを示す領域情報が格納される格納手段を備え、
前記制御手段は、前記環境情報取得手段により取得された環境情報に基づいて、前記ロボットの周辺の領域が、前記未観測領域、前記禁止領域、及び前記自由領域のうち、いずれの領域であるのかを判定して、当該判定結果に応じて前記領域情報を更新し、
前記制御手段は、前記領域情報に基づいて、前記ロボットを動作させる領域が、前記未観測領域、前記禁止領域、及び前記自由領域のうち、いずれの領域であるのかを判定する、

請求項3に記載のロボット。

[請求項5] 前記制御手段は、前記未観測領域内で前記ロボットを動作させる場合には、前記未観測領域に含まれる前記ロボットの体積が大きくなるに従って、前記ロボットの駆動力の減少度合いが大きくなるように、前記ロボットの駆動力を減少させる、

請求項1乃至4のいずれか1項に記載のロボット。

[請求項6] 前記制御手段は、前記未観測領域内で前記ロボットを動作させる場合には、前記禁止領域と前記ロボットとの距離が近くなるに従って、前記ロボットの駆動力の減少度合いが大きくなるように、前記ロボットの駆動力を減少させる、

請求項2乃至4のいずれか1項に記載のロボット。

[請求項7] 前記ロボットは、さらに、アームを有しており、
前記ロボットを動作させる場合とは、前記ロボットが有するアームを動作させる場合であり、

前記ロボットの駆動力として、前記ロボットが有するアームの駆動力を減少させる、

請求項1乃至6のいずれか1項に記載のロボット。

[請求項8] 前記ロボットは、移動可能なロボットであり、
前記ロボットを動作させる場合とは、前記ロボットを移動させる場合であり、

前記ロボットの駆動力として、前記ロボットを移動させる駆動力を減少させる、

請求項1乃至6のいずれか1項に記載のロボット。

[請求項9] 前記制御手段は、前記ロボットの速度を減少させることで、前記ロボットの駆動力を減少させる、

請求項1乃至8のいずれか1項に記載のロボット。

[請求項10] 前記ロボットは、フィードバック制御により動作するロボットであり、

前記制御手段は、前記フィードバック制御におけるゲインを減少させることで、前記ロボットの駆動力を減少させる、

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のロボット。

[請求項11]

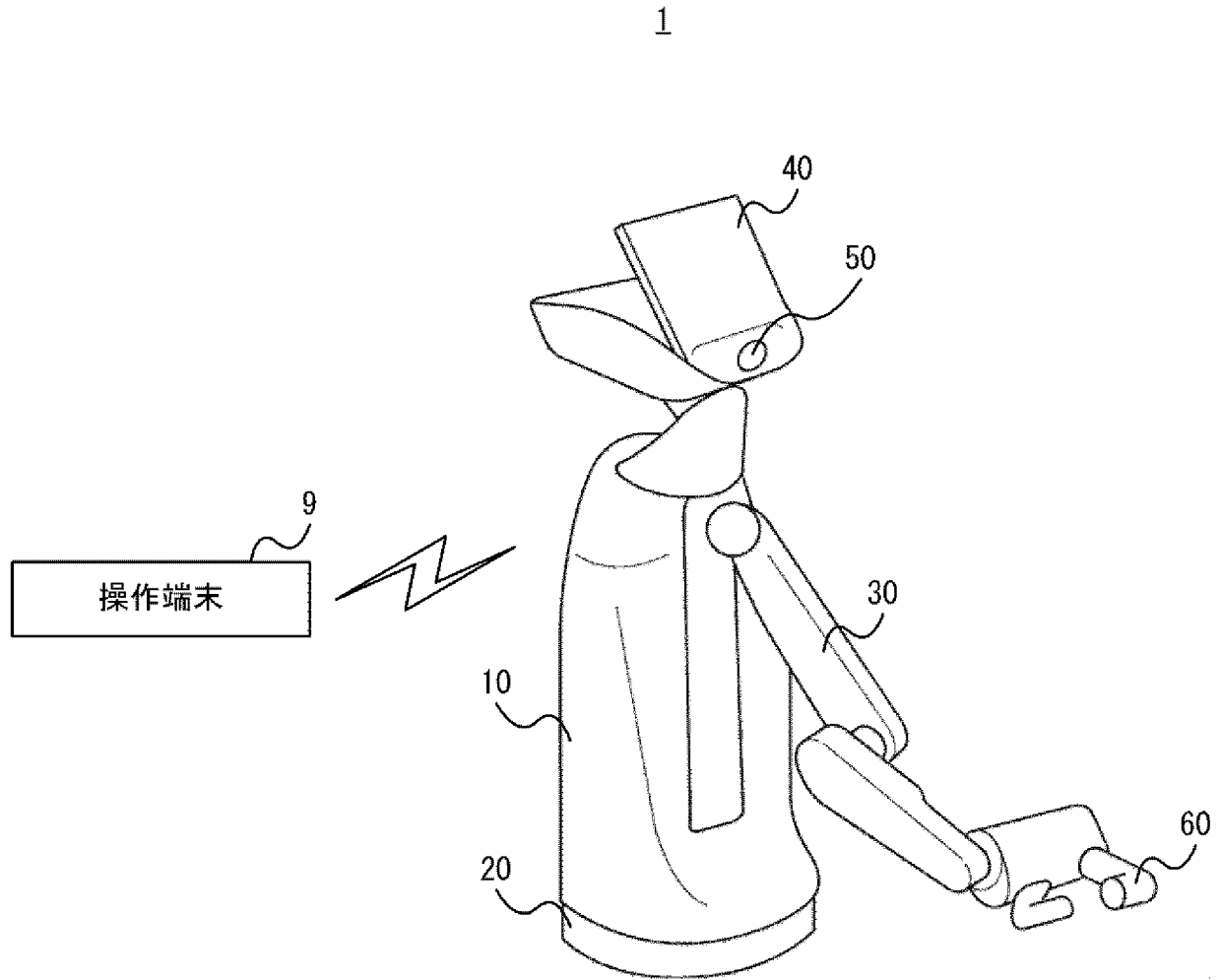
周辺の環境を観測しながら動作するロボットの制御方法であって、
前記ロボットの周辺の環境情報を取得するステップと、

前記ロボットが前記環境情報が取得できていない未観測領域内で動作しているか否かを判定するステップと、

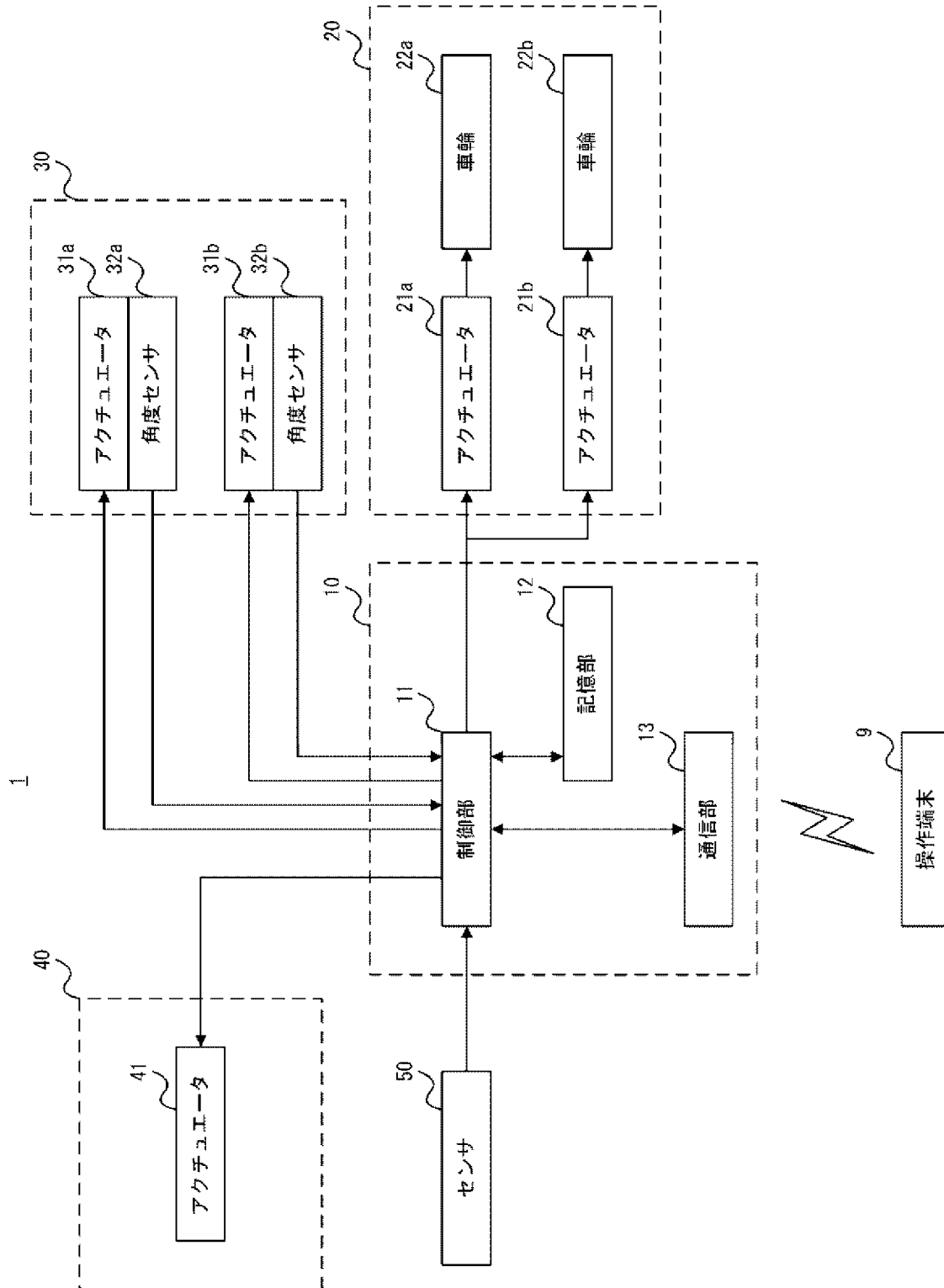
前記未観測領域内で動作していると判定した場合には、前記ロボットの駆動力を減少させるステップと、

を備えることを特徴とする制御方法。

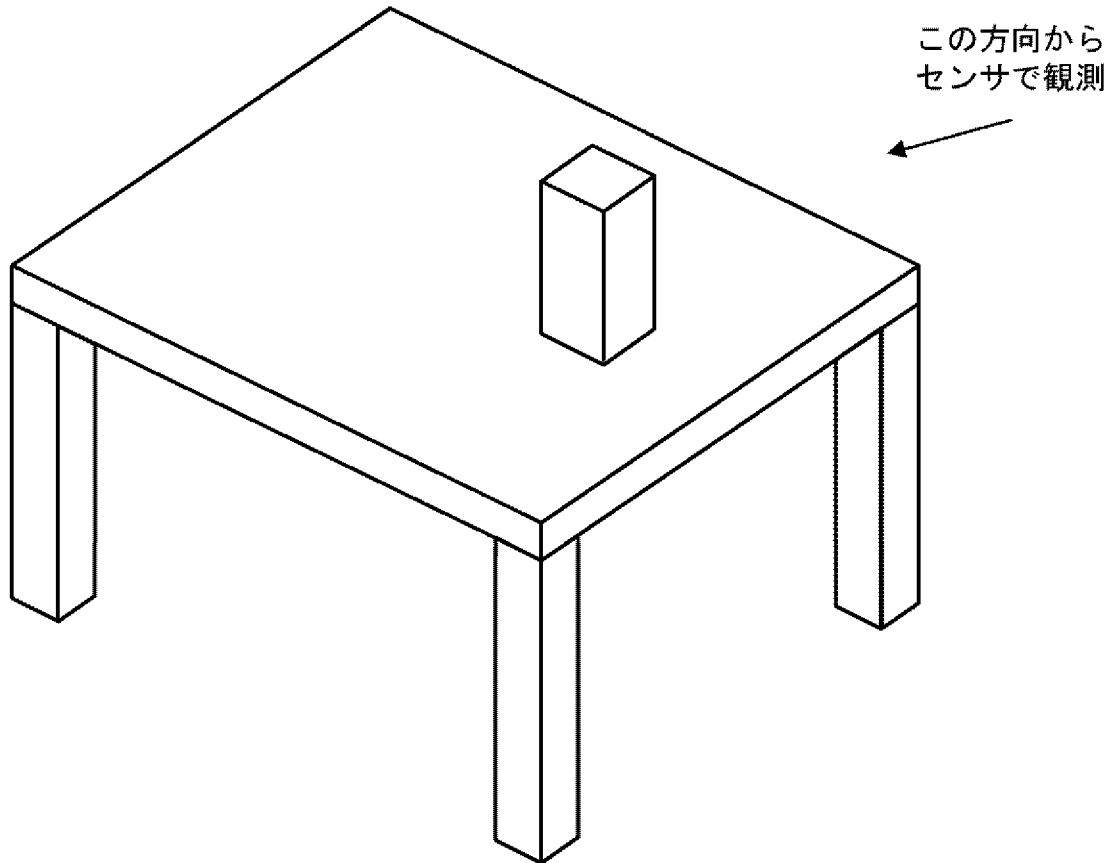
[図1]



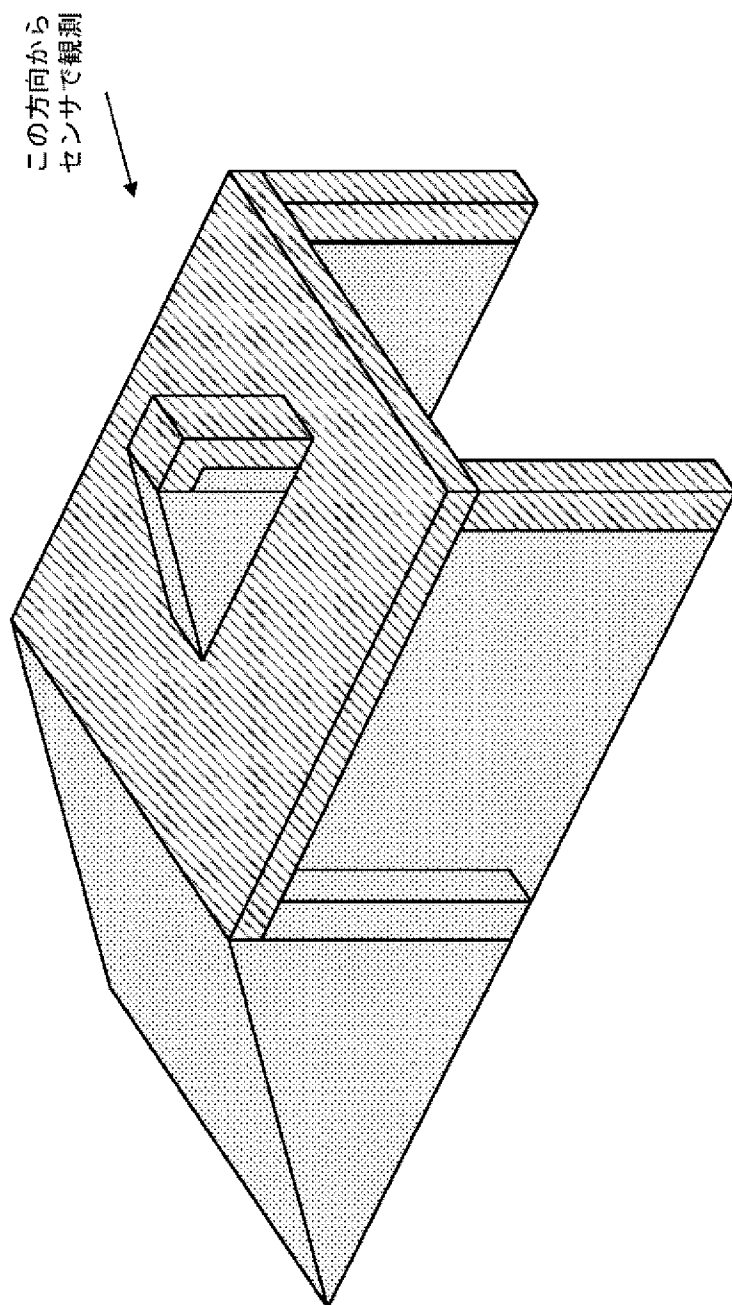
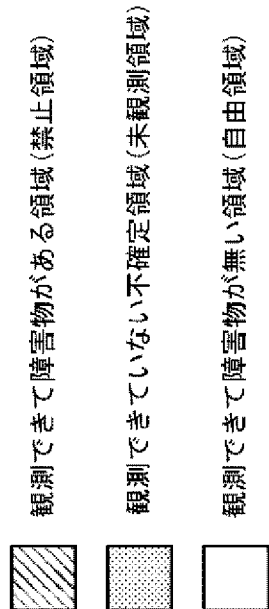
[図2]



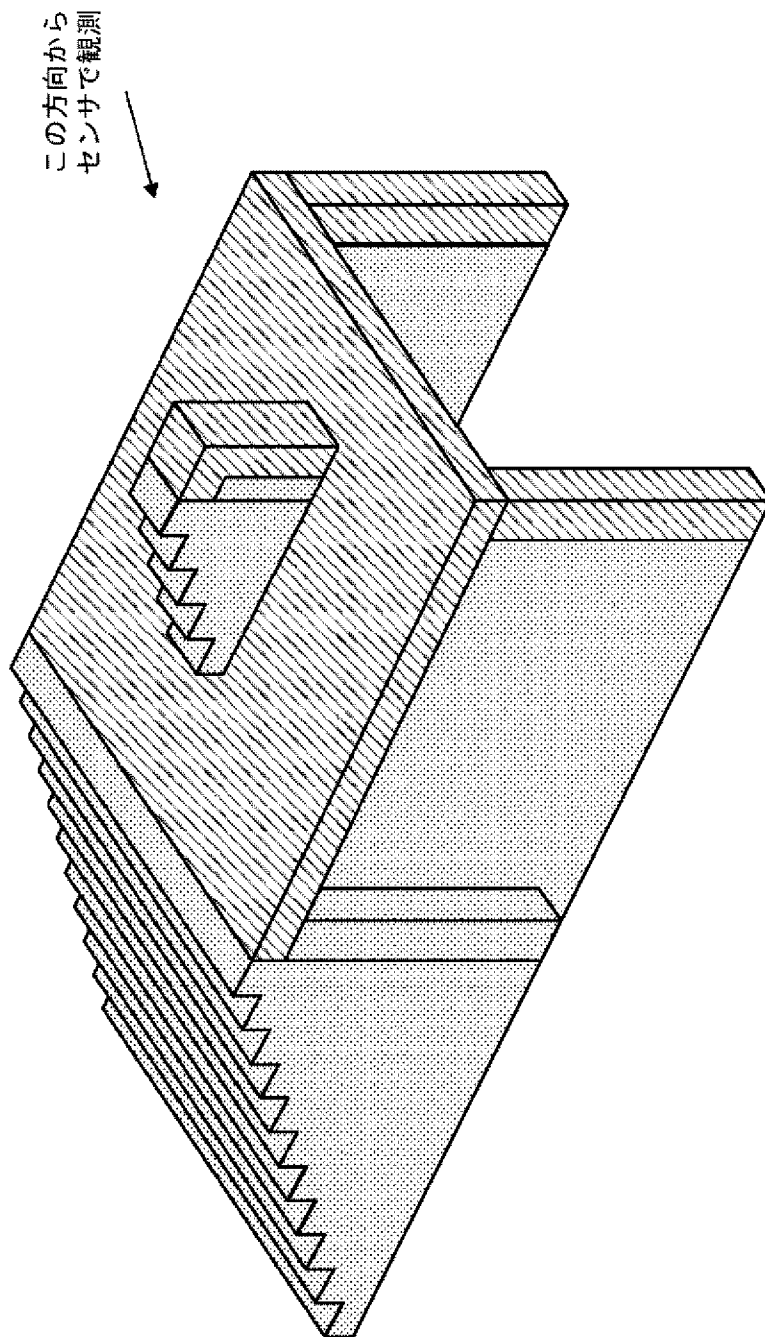
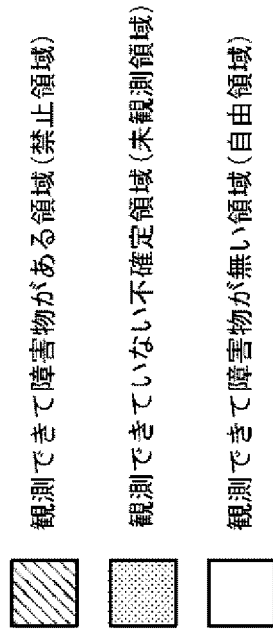
[図3]



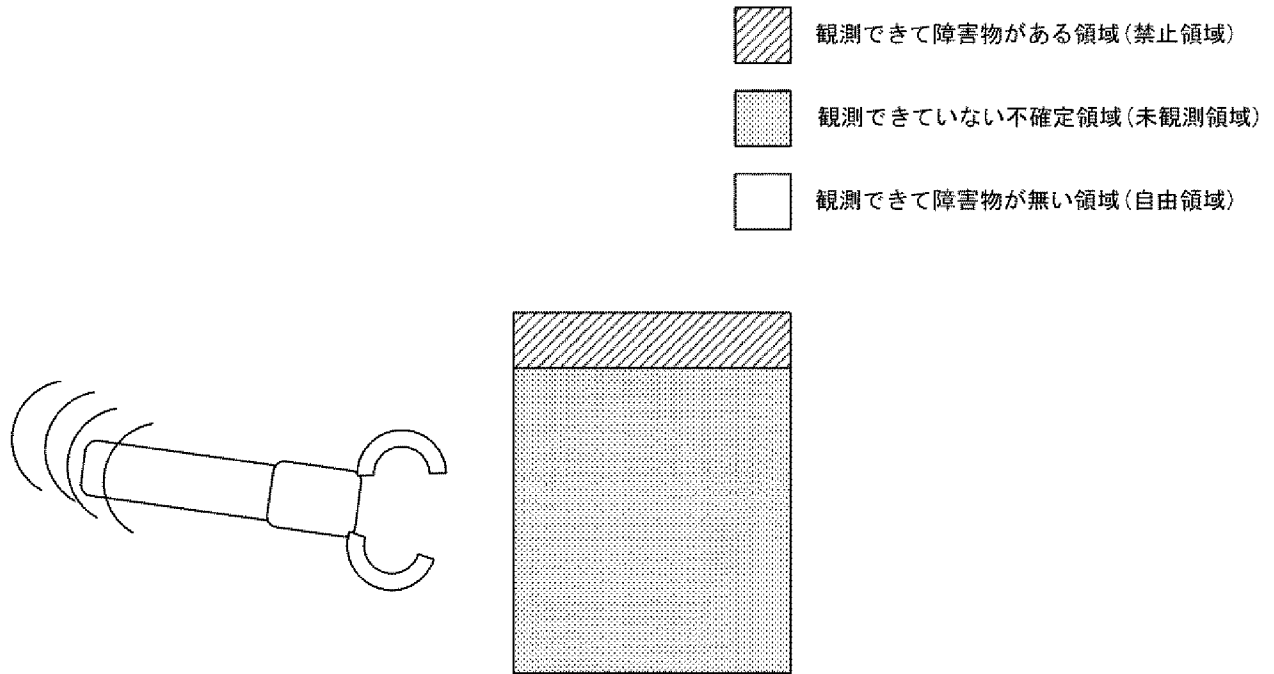
[図4]



[図5]

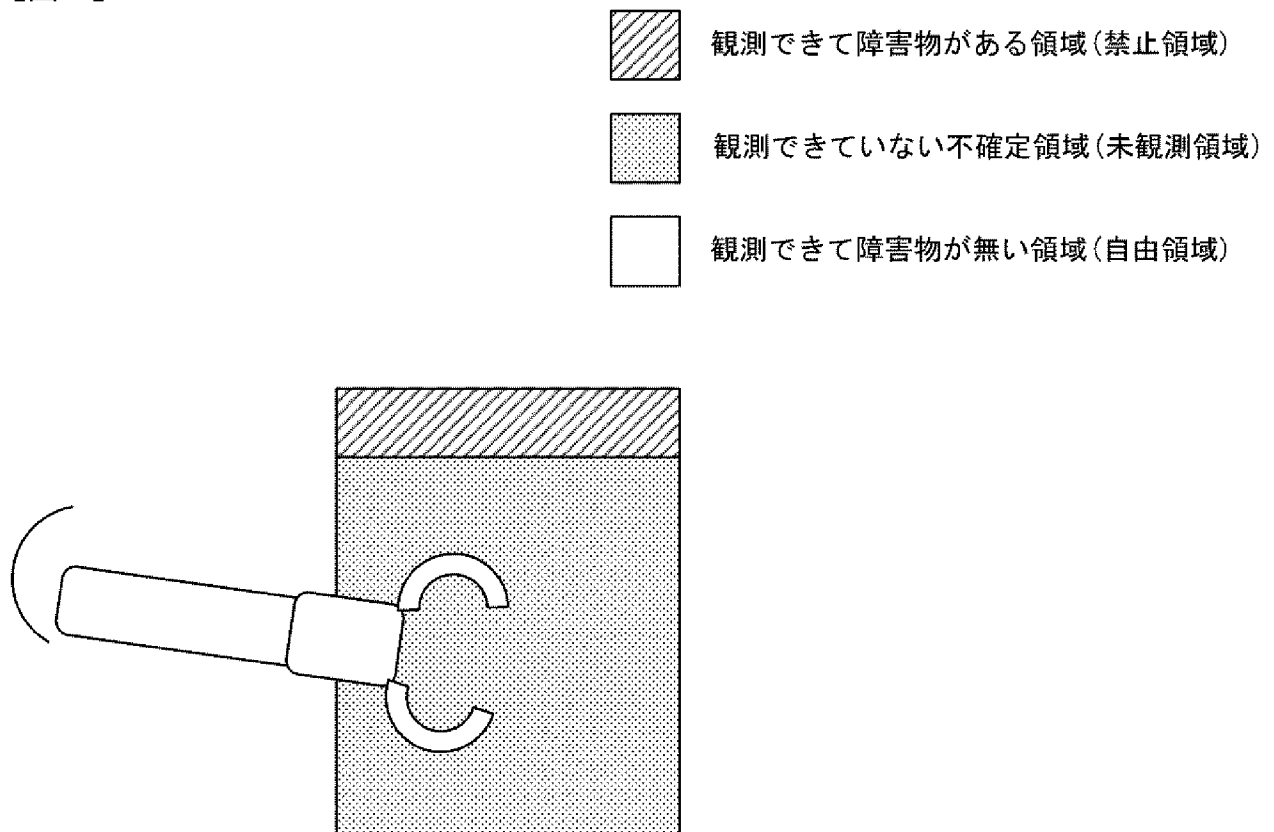


[図6A]



ハイスピード

[図6B]



ゆっくり

[図6C]



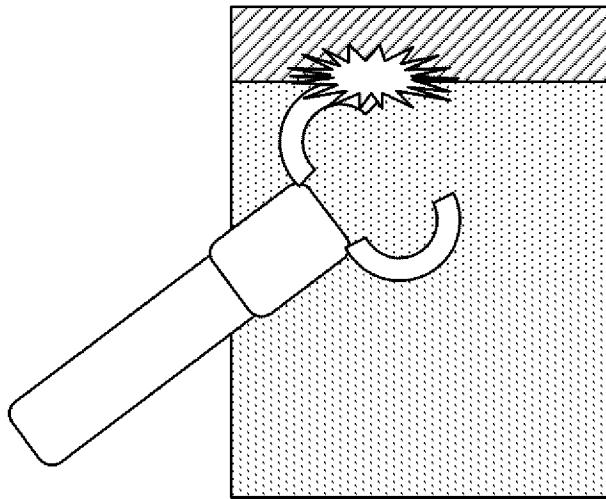
観測できて障害物がある領域(禁止領域)



観測できていない不確定領域(未観測領域)

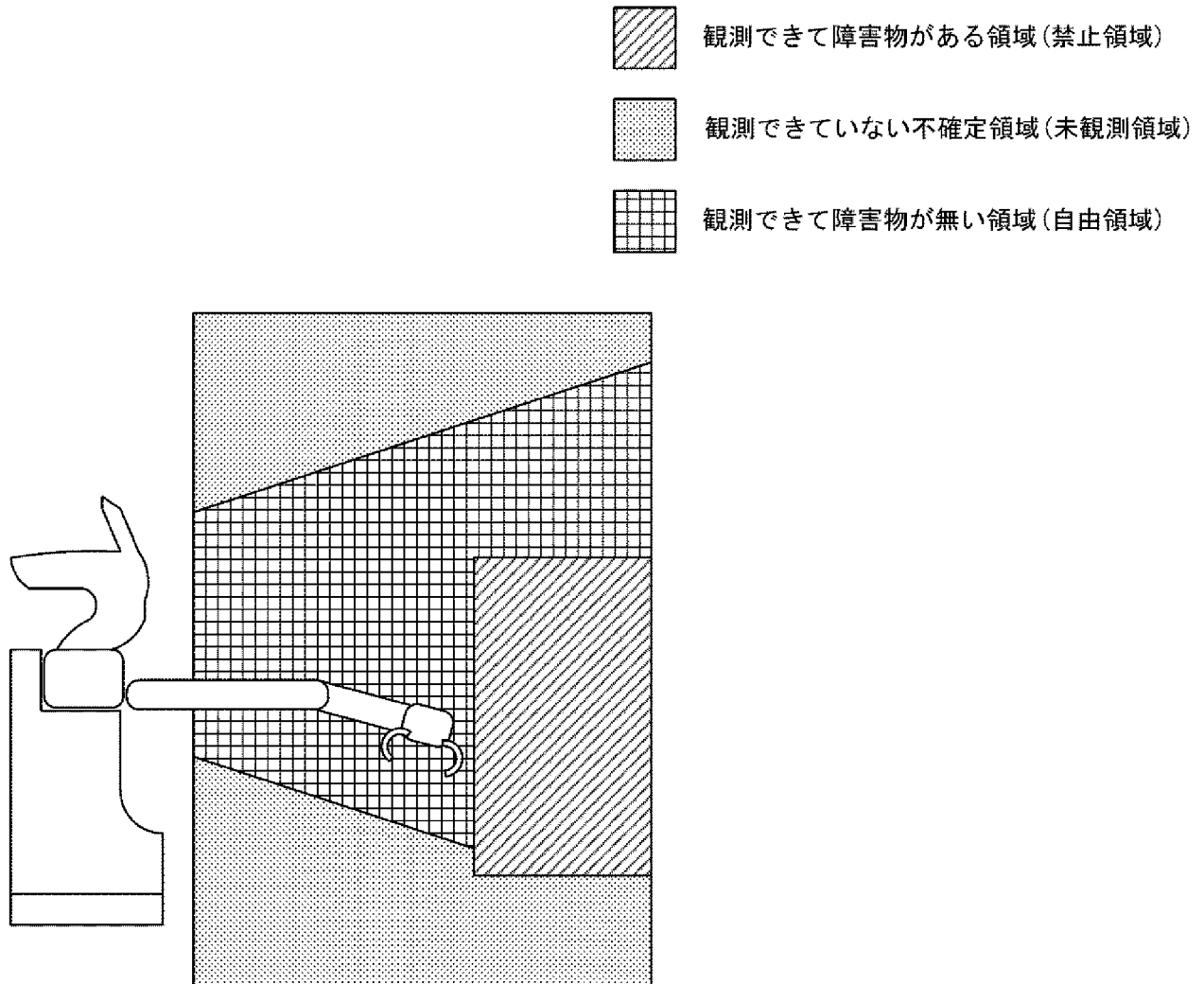


観測できて障害物が無い領域(自由領域)

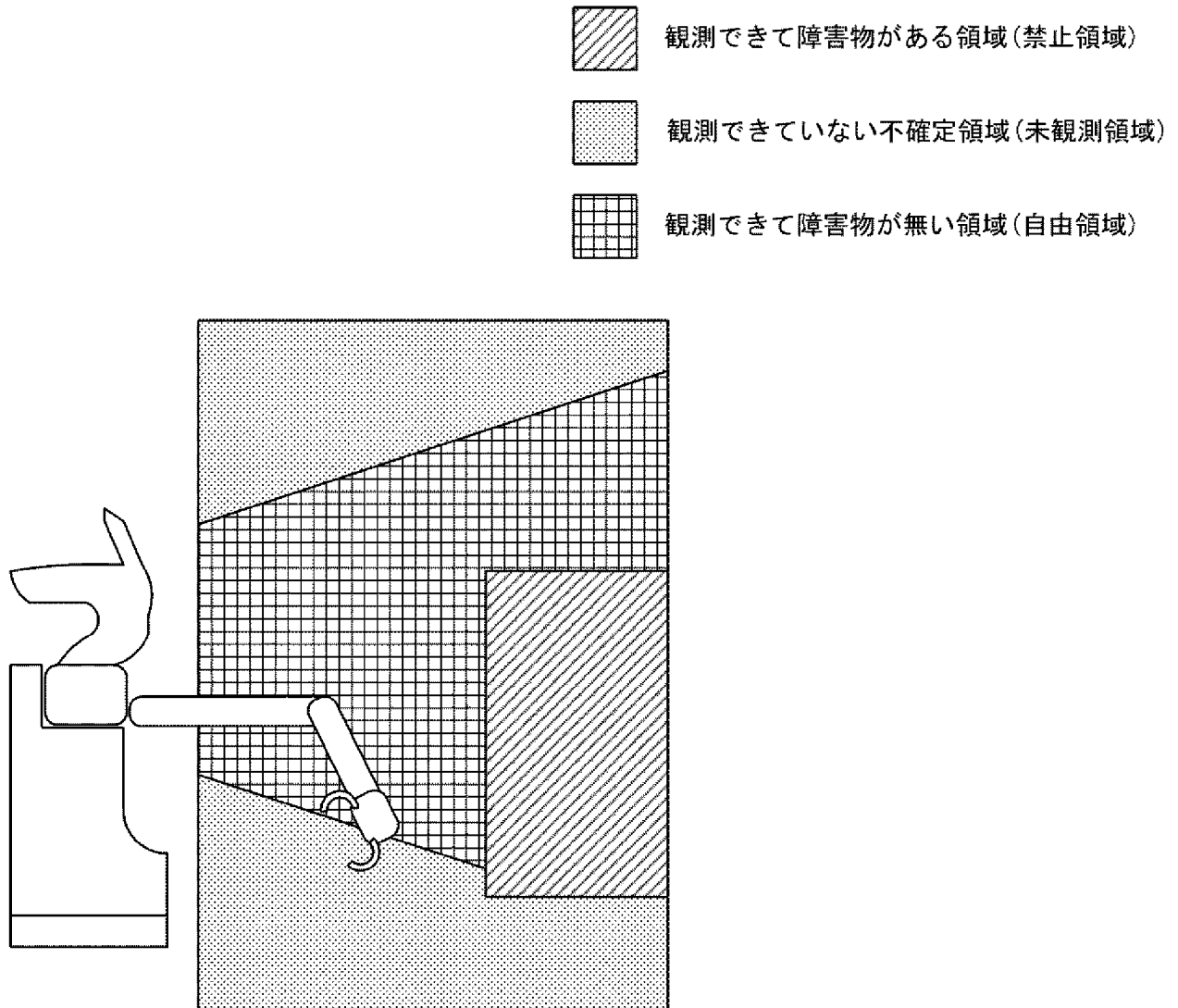


完全に止める

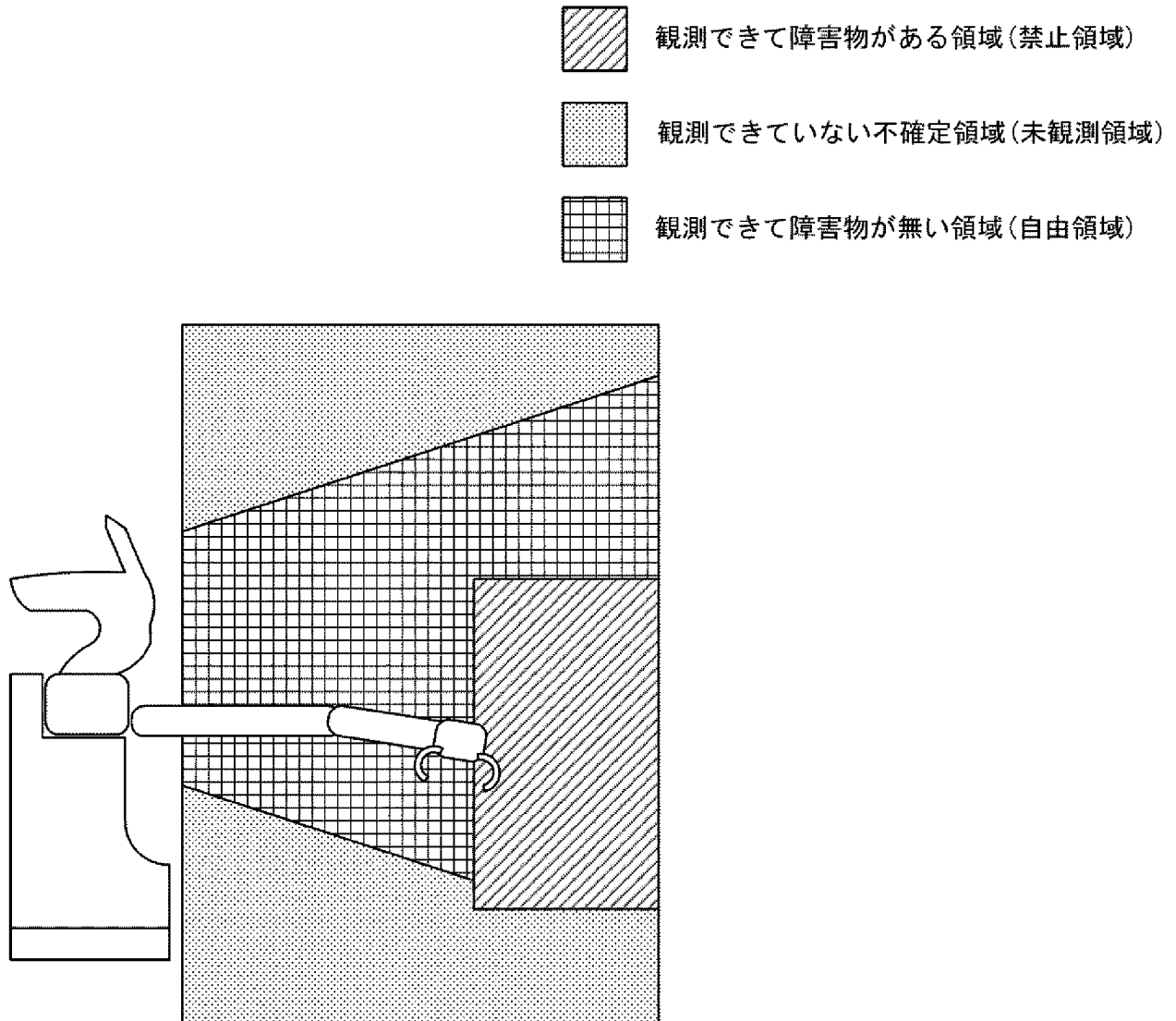
[図7A]



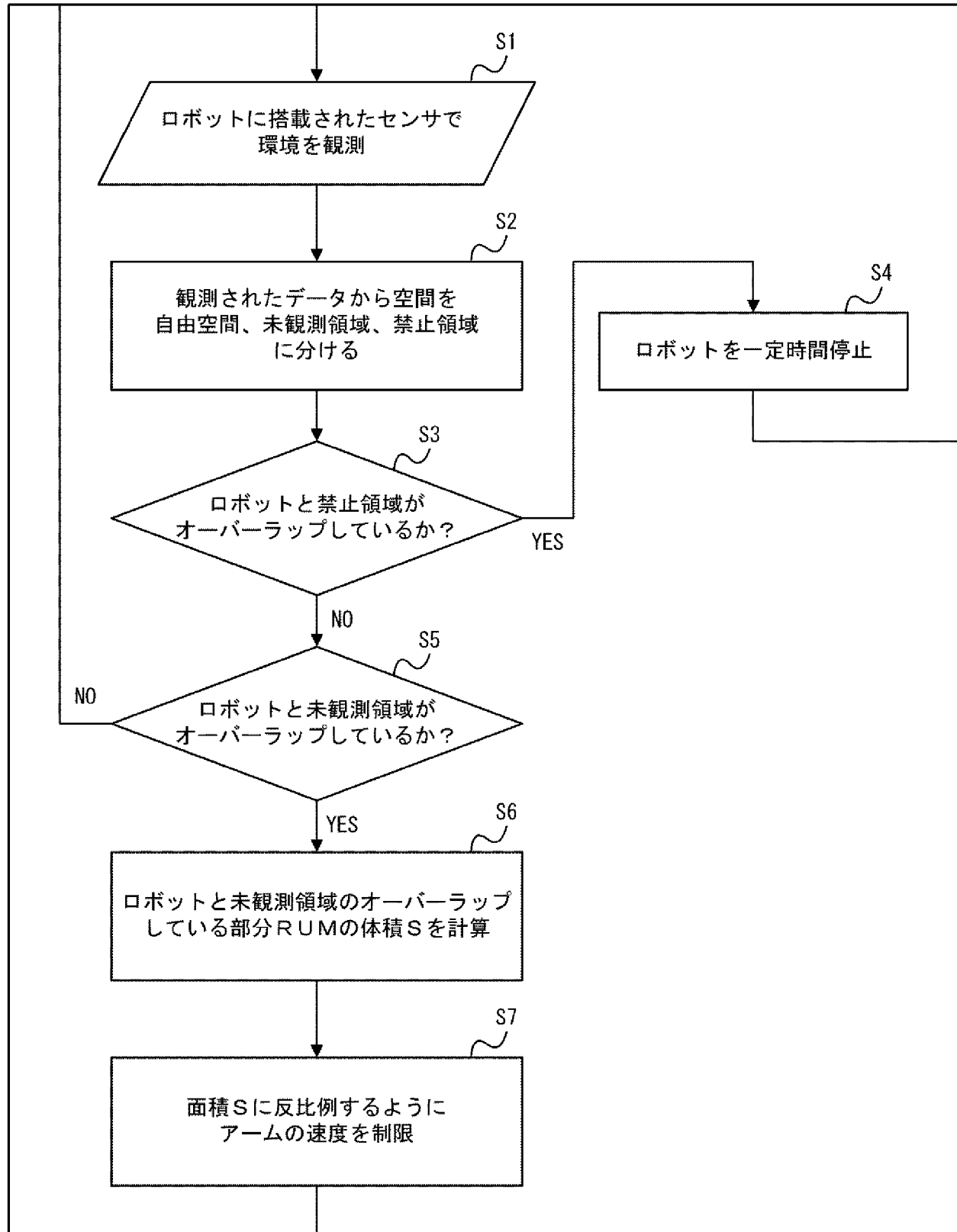
[図7B]



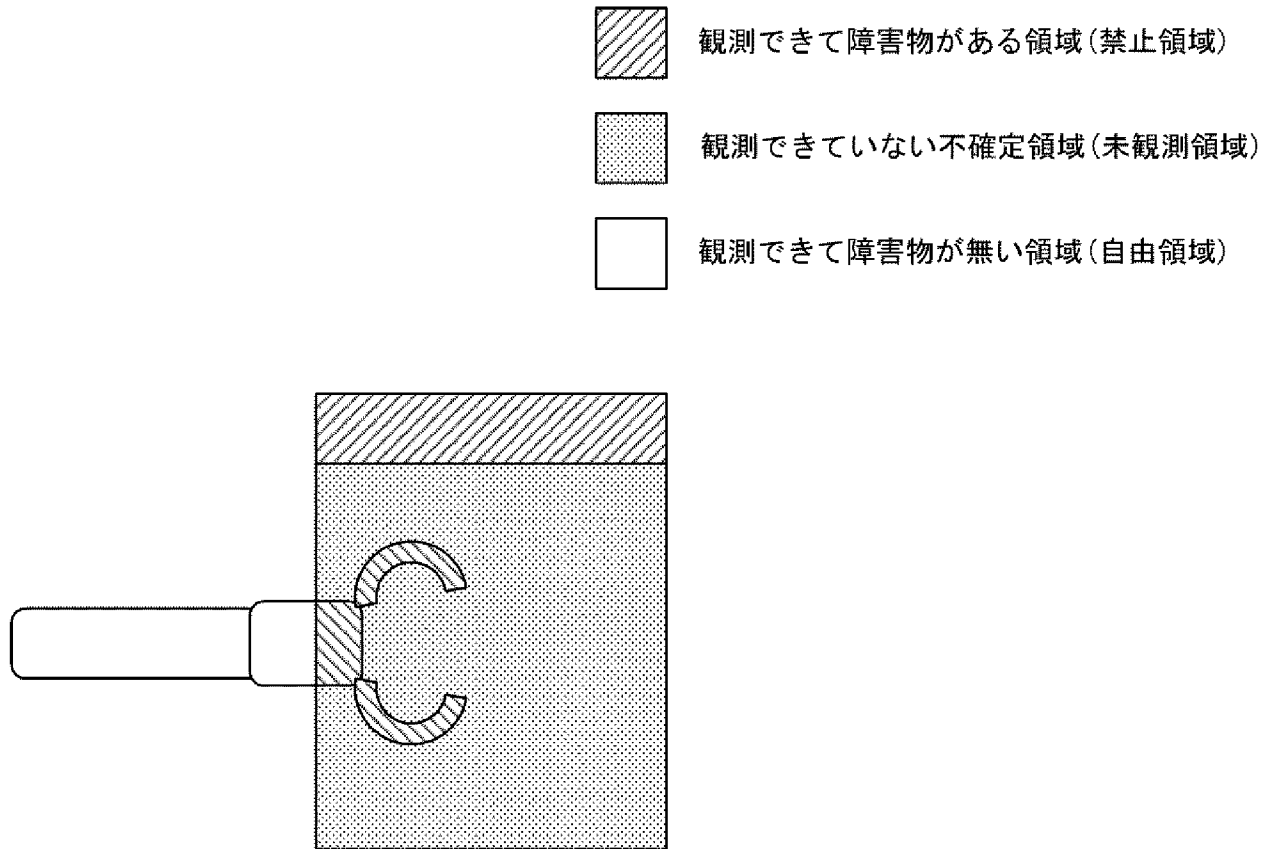
[図7C]



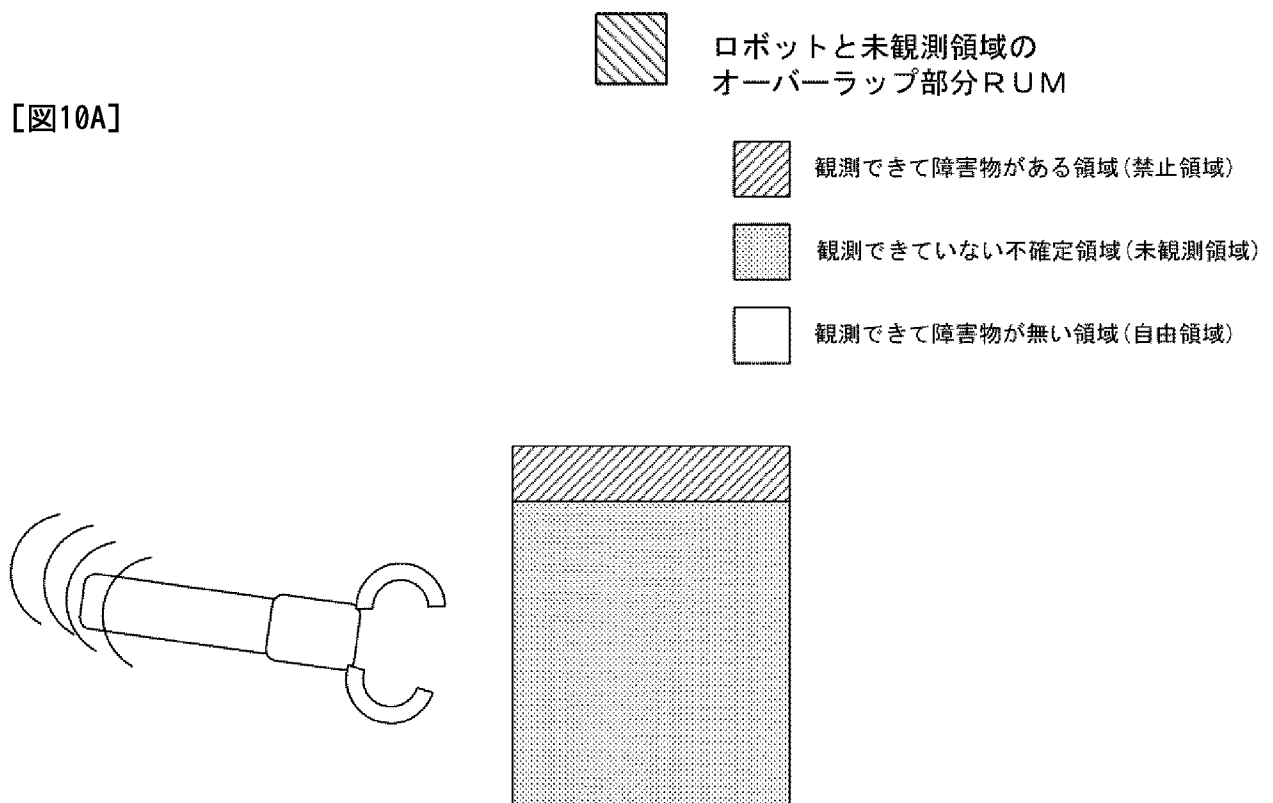
[図8]



[図9]



[図10A]



ハイゲインで高精度作業

[図10B]



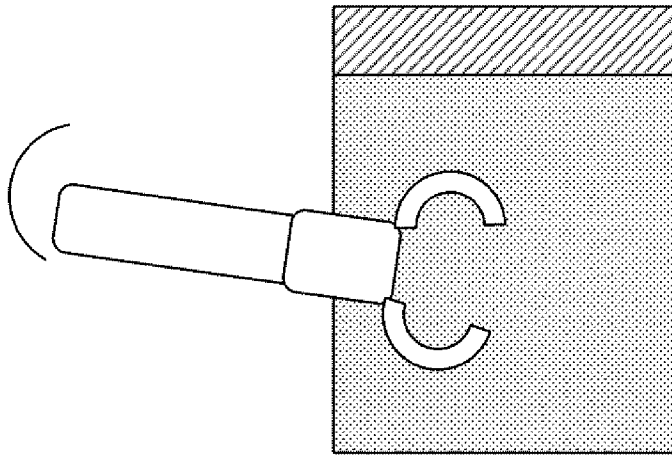
観測できて障害物がある領域(禁止領域)



観測できていない不確定領域(未観測領域)



観測できて障害物が無い領域(自由領域)



低いゲインで衝撃を緩和

[図10C]



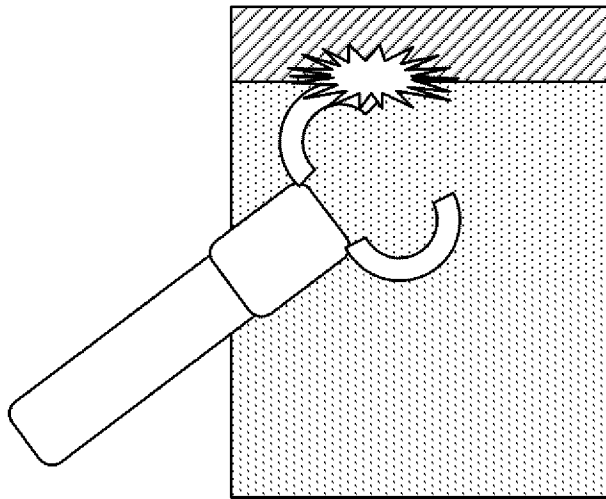
観測できて障害物がある領域(禁止領域)



観測できていない不確定領域(未観測領域)

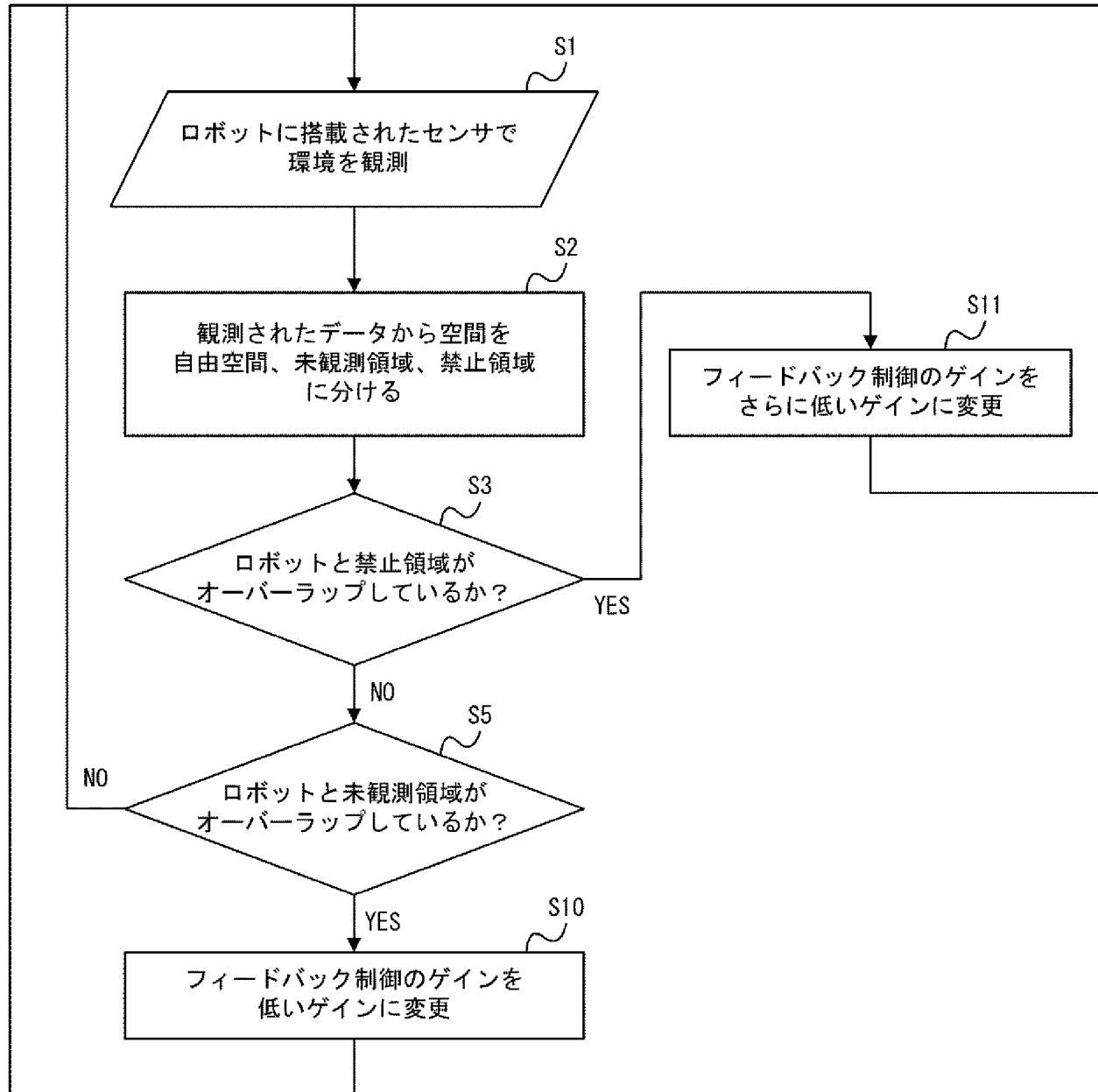


観測できて障害物が無い領域(自由領域)

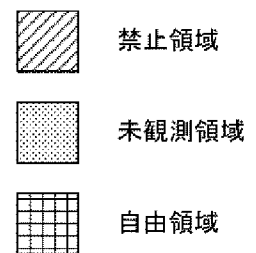
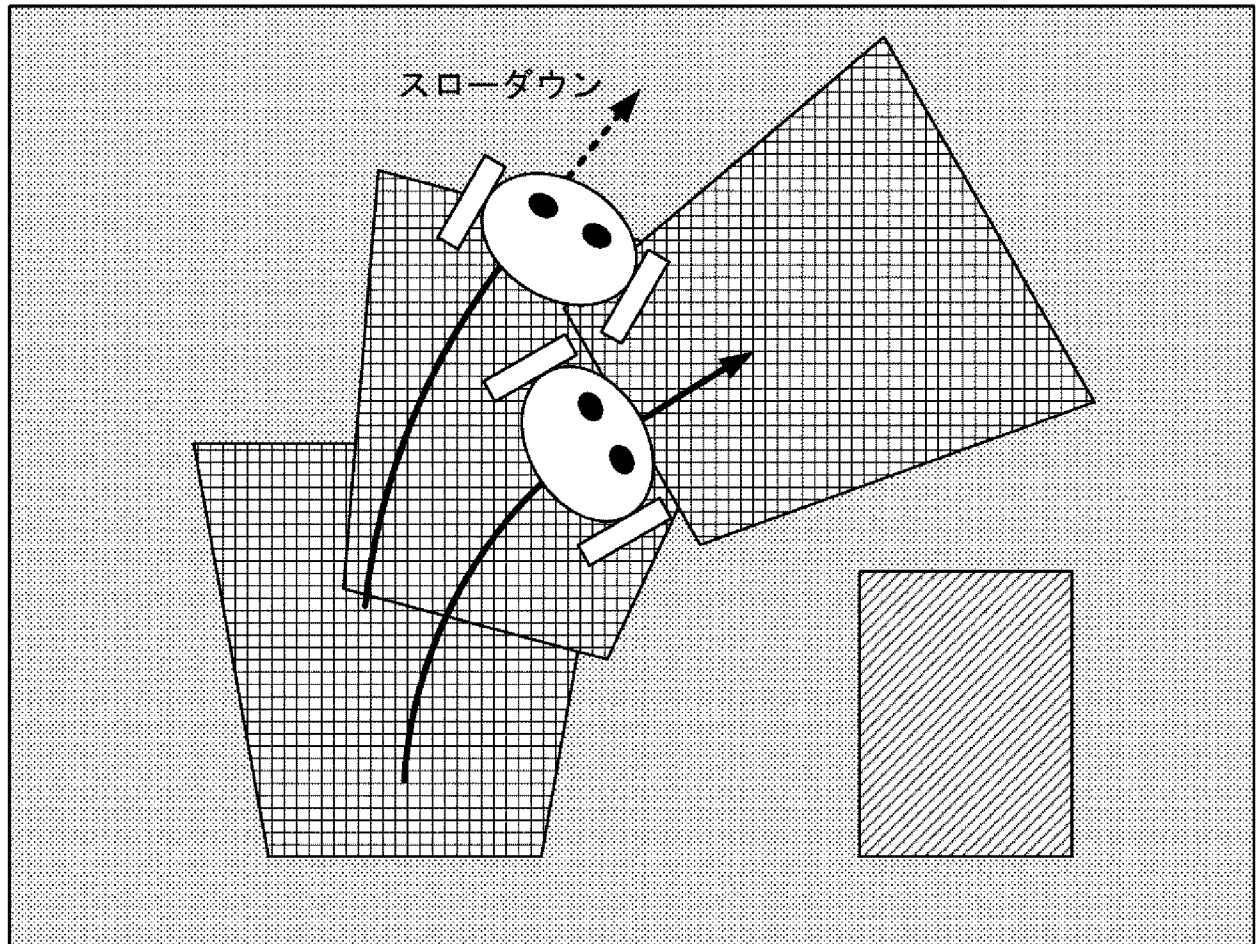


さらに低ゲイン

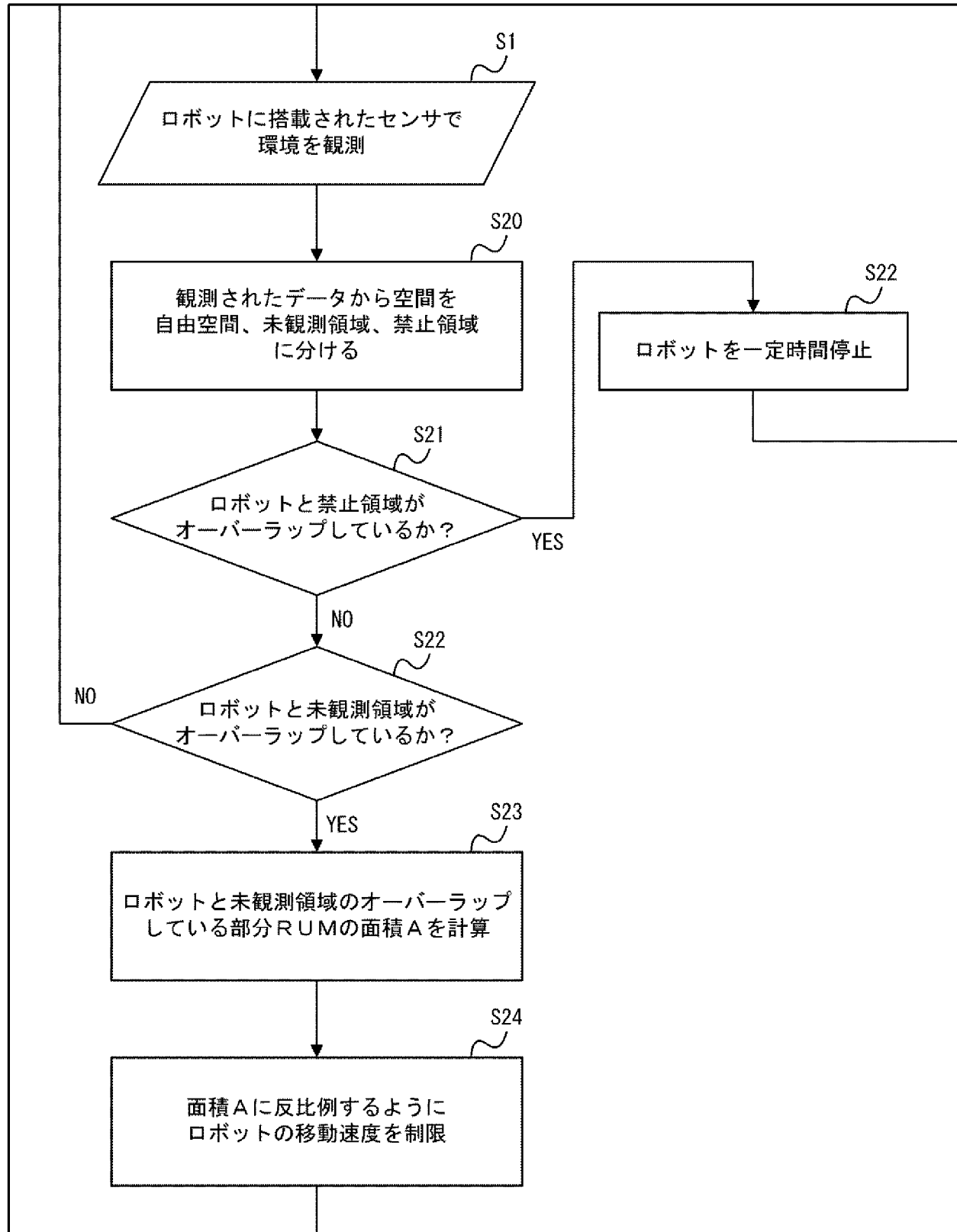
[図11]



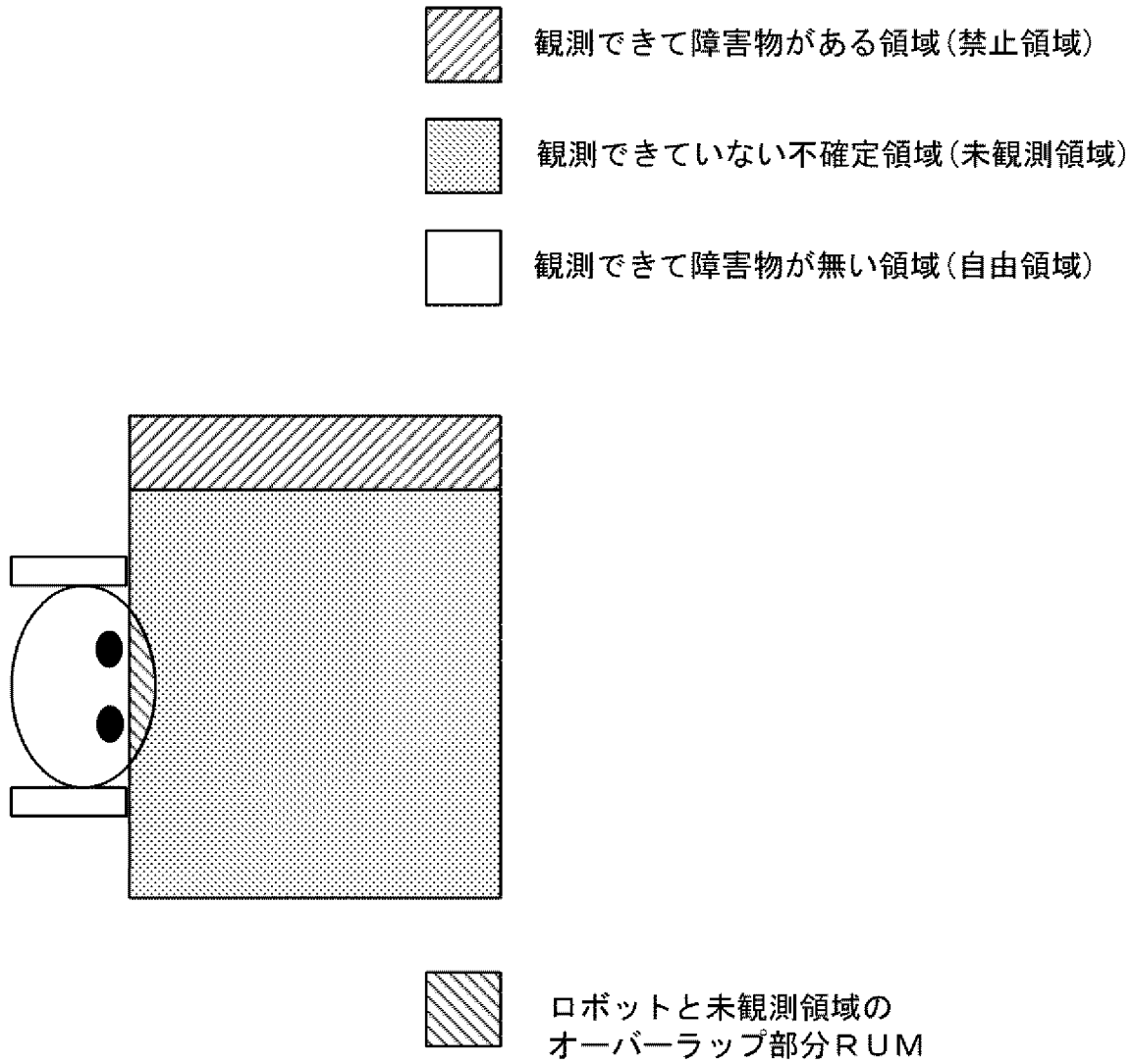
[図12]



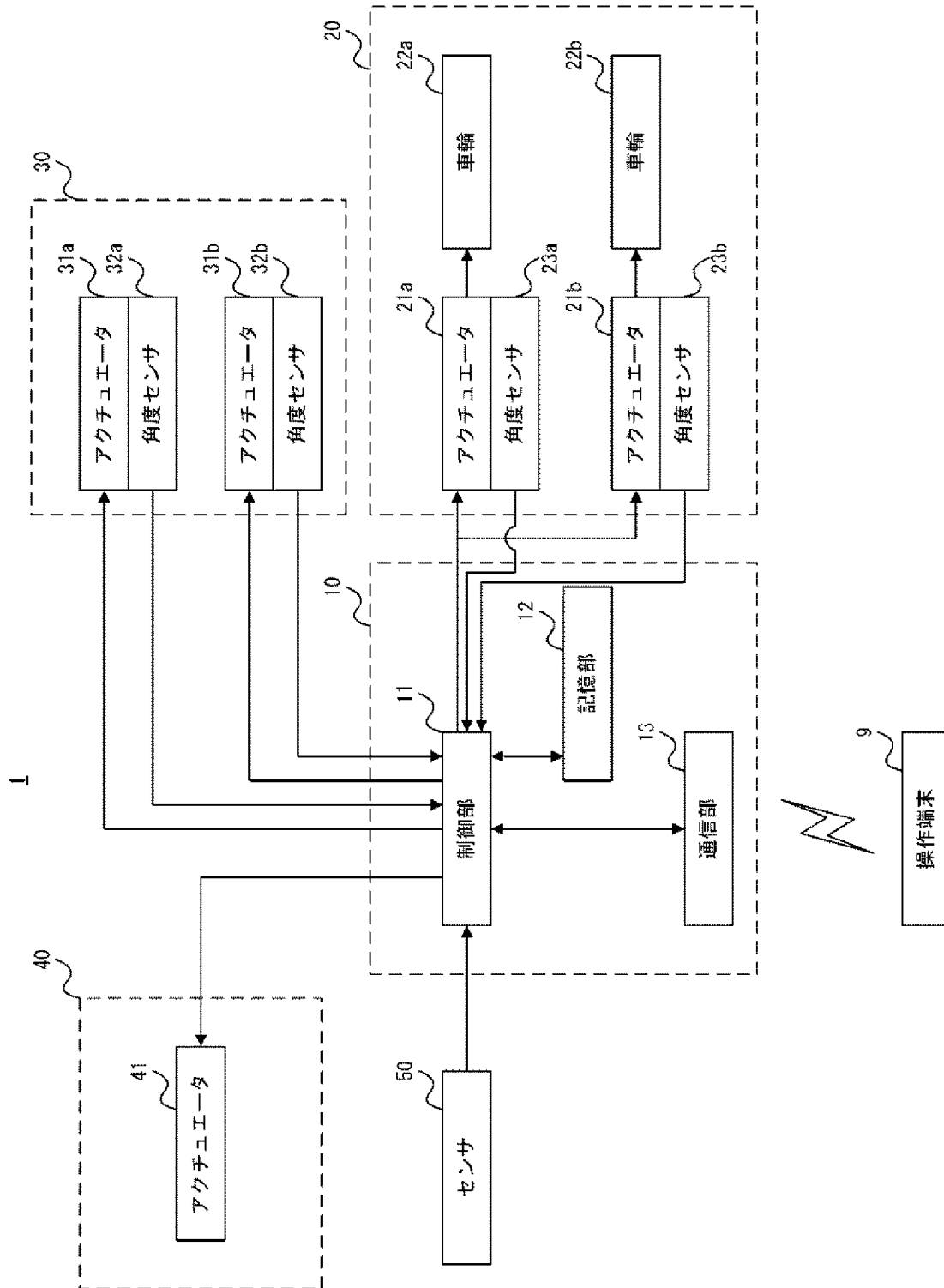
[図13]



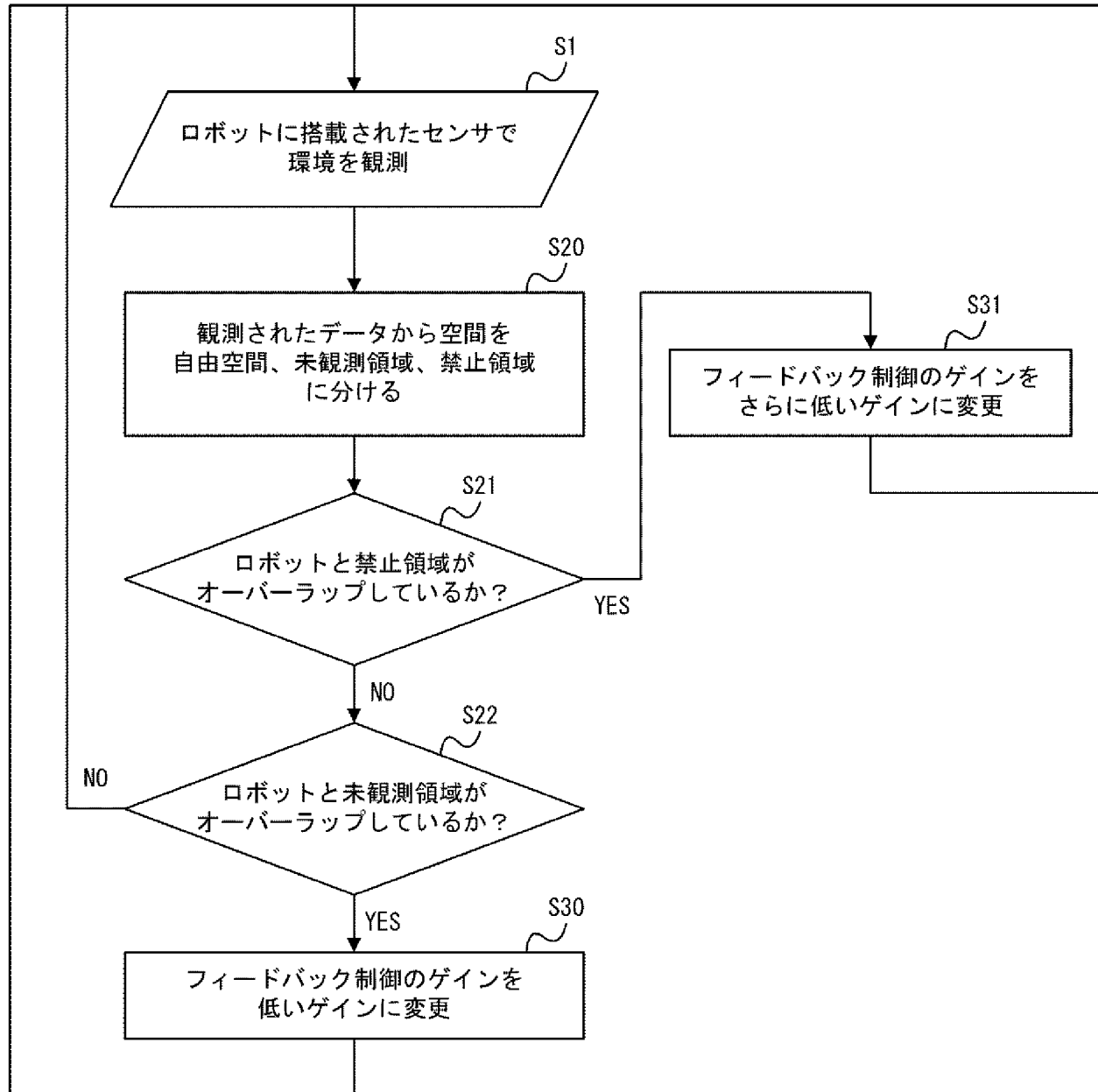
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/003975

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J19/06(2006.01)i, B25J13/08(2006.01)i, G05D1/02(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)

B25J1/00-21/02, G05D1/02

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
X Y	Jun MIURA, Yoshiro NEGISHI, Yoshiaki SHIRAI, "Adaptive Robot Speed Control Considering Map and Motion Uncertainties in Unknown Environments", Journal of the Robotics Society of Japan, 2006.01, vol.24, no.1, pages 47 to 55	1-4, 11 5-10
X Y	JP 2010-134656 A (Sogo Keibi Hosho Co., Ltd.), 17 June 2010 (17.06.2010), claim 1; paragraphs [0005] to [0037]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1 5-10
X	JP 2009-294934 A (IHI Corp.), 17 December 2009 (17.12.2009), claim 1; paragraphs [0016] to [0063]; fig. 5 to 12 (Family: none)	1

☒ 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 October, 2014 (23.10.14)

Date of mailing of the international search report
04 November, 2014 (04.11.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/003975

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-200061 A (International Business Machines Corp.), 04 August 1995 (04.08.1995), claims 1, 3; paragraphs [0016], [0025] to [0030] & US 5570285 A	5-10
Y	WO 2009/001550 A1 (Panasonic Corp.), 31 December 2008 (31.12.2008), paragraph [0168] & US 2010/0087955 A1 & WO 2009/001550 A1 & CN 101646534 A & CN 102229147 A & CN 102229148 A & CN 102248537 A	7-10
A	JP 7-332980 A (Director General of Technical Research and Development Institute of Defense Agency), 22 December 1995 (22.12.1995), paragraph [0003] (Family: none)	1
A	JP 9-6433 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 10 January 1997 (10.01.1997), paragraphs [0051] to [0053]; fig. 12 (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B25J19/06(2006.01)i, B25J13/08(2006.01)i, G05D1/02(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（I P C））

Int.Cl. B25J1/00-21/02, G05D1/02

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
X Y	三浦純, 根岸善朗, 白井良明, 地図と移動の不確かさを考慮した未知環境における移動ロボットの適応的速度制御, 日本ロボット学会誌, 2006.01, Vol.24, No.1, pp.47-55	1-4, 11 5-10
X Y	JP 2010-134656 A (総合警備保障株式会社) 2010.06.17, 【請求項1】, 段落【0005】-【0037】, 図1-7 (ファミリーなし)	1 5-10
X	JP 2009-294934 A (株式会社IHI) 2009.12.17, 【請求項1】, 段落【0016】-【0063】, 図5-12 (ファミリーなし)	1

☒ 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。

* 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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 3 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

浅野 麻木

3 U

4 4 1 9

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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
Y	JP 7-200061 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション) 1995. 08. 04, 【請求項 1】, 【請求項 3】, 段落【0 0 1 6】, 【0 0 2 5】－【0 0 3 0】 & US 5570285 A	5-10
Y	WO 2009/001550 A1 (パナソニック株式会社) 2008. 12. 31, 段落【0 1 6 8】 & US 2010/0087955 A1 & WO 2009/001550 A1 & CN 101646534 A & CN 102229147 A & CN 102229148 A & CN 102248537 A	7-10
A	JP 7-332980 A (防衛庁技術研究本部長) 1995. 12. 22, 段落【0 0 0 3】 (ファミリーなし)	1
A	JP 9-6433 A (川崎重工業株式会社) 1997. 01. 10, 段落【0 0 5 1】－【0 0 5 3】, 図 1 2 (ファミリーなし)	1