

(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2014-168824

(P2014-168824A)

(43) 公開日 平成26年9月18日(2014.9.18)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
B25J 13/08 (2006.01)		B25J	13/08	A 3C707
G05D 1/02 (2006.01)		G05D	1/02	K 5H301

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2013-40782 (P2013-40782)
 (22) 出願日 平成25年3月1日(2013.3.1)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. BLU-RAY DISC

(出願人による申告) JST戦略的創造研究推進事業／チーム型研究(CREST)、研究領域「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」、研究課題名「ロボットによる街角の情報環境の構築」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 393031586
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

(74) 代理人 100090181
 弁理士 山田 義人

(72) 発明者 北出 卓也
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

(72) 発明者 佐竹 聡
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

(72) 発明者 神田 崇行
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

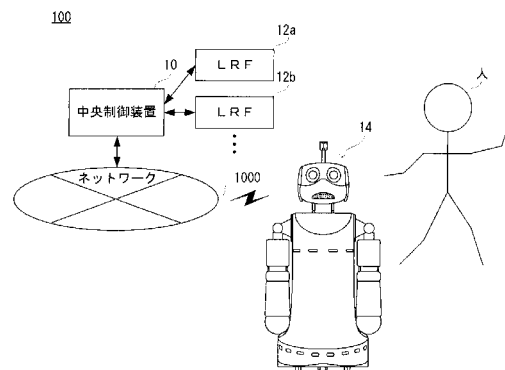
(54) 【発明の名称】 ロボット制御システムおよびロボット制御方法

(57) 【要約】

【構成】ロボット制御システム100は、空間を行き交う人々の移動軌跡を記憶する中央制御装置10および空間内で買い物をするユーザの手伝いをするロボット14などを含む。空間には、ユーザが買い物をする店舗および人々が行き交う通路が含まれる。中央制御装置10では人々の通行量と見通し度とが算出され、第三者への邪魔さを示す邪魔度地図が作成される。ロボット14は自身の大きさを考慮して、邪魔度地図から待機場所候補地図を作成する。そして、ユーザからロボット14に対して待機が指示されると、ロボット14は待機場所候補地図から待機場所を検索し、検索された待機場所へ移動する

【効果】周囲の人々の邪魔になりにくい場所にロボット14を待機させることができる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

施設および通路を含む空間内において人の移動軌跡を記憶し、自律移動可能なロボットを有する、ロボット制御システムであって、

前記空間内の人の移動軌跡に基づいて人の通行量を算出する第 1 算出手段、

前記施設から通路への見通し度を算出する第 2 算出手段、

通行量および見通し度に基づいて、前記空間内における邪魔度を算出する第 3 算出手段

、邪魔度および前記ロボットの現在位置に基づいて、第 1 条件に従って前記ロボットの待機場所を検索する検索手段、および

前記検索手段によって検索された待機場所に前記ロボットを移動させる移動手段を備える、ロボット制御システム。

10

【請求項 2】

算出された邪魔度が対応付けられた地図を作成する作成手段をさらに備え、

前記第 1 条件は、前記地図に基づいて前記ロボットの現在位置から見通せて、現在位置から最短の場所であるという条件である、請求項 1 記載のロボット制御システム。

【請求項 3】

前記検索手段によって前記ロボットの待機場所が検索されないとき、第 2 条件に従って待機場所を再検索する再検索手段をさらに備え、

前記移動手段は、前記再検索手段によって待機場所が検索されたとき、その待機場所に前記ロボットを移動させる、請求項 1 または 2 記載のロボット制御システム。

20

【請求項 4】

前記第 2 条件は、前記ロボットの現在位置から見通すことが出来ない場所も含めて検索するという条件である、請求項 3 記載のロボット制御システム。

【請求項 5】

前記再検索手段によって検索された待機場所に前記ロボットが移動するときに、その待機場所をユーザに伝達する伝達手段をさらに備える、請求項 3 または 4 記載のロボット制御システム。

【請求項 6】

前記検索手段は、ユーザから待機を指示されたときに、邪魔度および前記ロボットの現在位置に基づいて前記ロボットの待機場所を検索する、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のロボット制御システム。

30

【請求項 7】

前記第 1 算出手段は、前記空間の通路を移動する人の通行量を算出し、

前記第 3 算出手段は、前記空間の通路における邪魔度を算出する、請求項 1 ないし 6 のいずれかに従属する、ロボット制御システム。

【請求項 8】

施設および通路を含む空間内において人の移動軌跡を記憶し、自律移動可能なロボットを有する、ロボット制御システムのロボット制御方法であって、

前記空間内の人の移動軌跡に基づいて人の通行量を算出し、

前記施設から通路への見通し度を算出し、

通行量および見通し度に基づいて、前記空間内における邪魔度を算出し、

邪魔度および前記ロボットの現在位置に基づいて、所定の条件に従って前記ロボットの待機場所を検索し、そして

40

検索された待機場所に前記ロボットを移動させる、ロボット制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ロボット制御システムおよびロボット制御方法に関し、特にたとえば、空間の中を移動するロボットを制御する、ロボット制御システムおよびロボット制御方法に

50

関する。

【背景技術】

【0002】

背景技術の一例が特許文献1に開示されている。特許文献1の自走式ロボット装置では、ロボットが外部充電装置と接続されると充電電池が充電される。そして、充電中のロボットは立設状態に移動するため、ロボットが人の通行や何らかの作業の邪魔にならないようになる。

【0003】

また、特許文献2の行動制御装置では、ユーザの位置およびユーザの方位などの情報を収集する。そして、ユーザがロボットを必要としていないと判断した場合、行動制御装置はユーザの排他的空間（視界の外など）にロボットを移動させる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-319447号公報 [A47L 9/00, A47L 9/26]

【特許文献2】特開2008-246665号公報 [B25J 13/00, B25J 5/00]

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところが、特許文献1の自走式ロボット装置および特許文献2の行動制御装置では、ロボットの周囲を不特定多数の人の移動することについては何ら想定されていない。そのため、多くの人が行動する公共の空間で各特許文献の自走式ロボット装置および行動制御装置を利用した場合、ロボットはその空間内で邪魔にならない場所へ移動することが出来ず、ロボットが人の邪魔をしてしまう可能性がある。

20

【0006】

それゆえに、この発明の主たる目的は、新規な、ロボット制御システムおよびロボット制御方法を提供することである。

【0007】

この発明の他の目的は、ロボットを適切な場所で待機させることが出来る、ロボット制御システムおよびロボット制御方法を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明は、上記の課題を解決するために、以下の構成を採用した。なお、括弧内の参照符号および補足説明等は、この発明の理解を助けるために記述する実施形態との対応関係を示したものであって、この発明を何ら限定するものではない。

【0009】

第1の発明は、施設および通路を含む空間内において人の移動軌跡を記憶し、自律移動可能なロボットを有する、ロボット制御システムであって、空間内の人の移動軌跡に基づいて人の通行量を算出する第1算出手段、施設から通路への見通し度を算出する第2算出手段、通行量および見通し度に基づいて、空間内における邪魔度を算出する第3算出手段、邪魔度およびロボットの現在位置に基づいて、第1条件に従ってロボットの待機場所を検索する検索手段、および検索手段によって検索された待機場所にロボットを移動させる移動手段を備える、ロボット制御システムである。

40

【0010】

第1の発明では、ロボット制御システム（100：実施例において対応する部分を例示する参照符号。以下、同じ。）は、たとえばLRF（12）などを利用して空間を行き交う人々の移動軌跡を記憶することが可能である。空間には店舗などの施設および通路が含まれ、ロボット（14）はこのような空間の中を移動する。第1算出手段（16，S11）は、空間を分割するグリッドを利用して空間の中を移動する人の通行量を算出する。第2算出手段（16，S13）は、施設の活動を妨げている状態の度合いを示す値として施

50

設から通路への見通し度を算出する。第3算出手段(16, S15)は、算出された通行量および見通し度に基づいて、空間内の邪魔度を算出する。検索手段(90, S145)は、算出された邪魔度とロボットの現在地に基づいて、第1条件を満たす待機場所を検索する。そして、移動手段(90, S149)は、検索された待機場所にロボットを移動させる。

【0011】

第1の発明によれば、周囲の人々の邪魔になりにくい場所にロボットを待機させることが出来る。

【0012】

第2の発明は、第1の発明に従属し、算出された邪魔度が対応付けられた地図を作成する作成手段をさらに備え、第1条件は、地図に基づいてロボットの現在位置から見通せて、現在位置から最短の場所であるという条件である。

10

【0013】

第2の発明では、作成手段(16, 90, S17, S125)は、たとえば管理人によって施設、通路および障害物の位置情報が設定された地図に対して邪魔度を対応付けた地図を作成する。そして、検索手段は、現在位置から見通すことができ、かつ現在位置から最短の場所を検索する。

【0014】

第2の発明によれば、ロボットは現在位置から見える場所で待機するため、ユーザは待機しているロボットを見つけやすい。

20

【0015】

第3の発明は、第1の発明または第2の発明に従属し、検索手段によってロボットの待機場所を検索されないとき、第2条件に従って待機場所を再検索する再検索手段をさらに備え、移動手段は、再検索手段によって待機場所を検索されたとき、その待機場所にロボットを移動させる。

【0016】

第3の発明では、再検索手段(90, S151)は、待機場所を検索されない場合に、第2条件に従って待機場所を再検索する。

【0017】

第4の発明は、第3の発明に従属し、第2条件は、ロボットの現在位置から見通すことが出来ない場所も含めて検索するという条件である。

30

【0018】

第4の発明では、再検索手段は、障害物の有無に関係なく、待機場所を検索する。

【0019】

第3の発明および第4の発明によれば、待機場所の候補を増やすことが出来る。

【0020】

第5の発明は、第3の発明または第4の発明のいずれかに従属し、再検索手段によって検索された待機場所にロボットが移動するときに、その待機場所をユーザに伝達する伝達手段をさらに備える。

【0021】

第5の発明でも、伝達手段(90, 155)は、たとえば音声メッセージを利用して、再検索された待機場所をユーザに伝える。

40

【0022】

第5の発明によれば、ユーザがロボットの位置を見失わないようにすることが出来る。

【0023】

第6の発明は、第1の発明ないし第5の発明に従属し、検索手段は、ユーザから待機を指示されたときに、邪魔度およびロボットの現在位置に基づいてロボットの待機場所を検索する。

【0024】

第6の発明では、検索手段は、たとえば音声コマンドによって待機が指示されたときに

50

、ロボットの待機場所を検索する。

【0025】

第6の発明によれば、ユーザは、任意のタイミングでロボットを待機させることが出来る。

【0026】

第7の発明は、第1の発明ないし第6の発明のいずれかに従属し、第1算出手段は、空間の通路を移動する人の通行量を算出し、第3算出手段は、空間の通路における邪魔度を算出する。

【0027】

第7の発明によれば、通行量および邪魔度を計算する領域を通路領域に限定することで、第1算出手段および第3算出手段の算出時間を短縮することが出来る。

10

【0028】

第8の発明は、施設および通路を含む空間内において人の移動軌跡を記憶し、自律移動可能なロボット(14)を有する、ロボット制御システム(100)のロボット制御方法であって、空間内の人の移動軌跡に基づいて人の通行量を算出し(S11)、施設から通路への見通し度を算出し(S13)、通行量および見通し度に基づいて、空間内における邪魔度を算出し(S15)、邪魔度およびロボットの現在位置に基づいて、所定の条件に従ってロボットの待機場所を検索し(S145)、そして検索された待機場所にロボットを移動させる(S149)、ロボット制御方法である。

【0029】

第8の発明でも、第1の発明と同様、ロボットを周囲の人々の邪魔になりにくい場所に待機させることが出来る。

20

【発明の効果】

【0030】

この発明によれば、周囲の人々の邪魔になりにくい場所にロボットを待機させることが出来る。

【0031】

この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の実施例の詳細な説明から一層明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

30

【0032】

【図1】図1はこの発明の一実施例のロボット制御システムの概要を示す図解図である。

【図2】図2は図1に示す中央制御装置の電氣的な構成を示すブロック図である。

【図3】図3は図1に示すロボットの外観を正面から見た図解図である。

【図4】図4は図1に示すロボットの電氣的な構成を示すブロック図である。

【図5】図5は図1および図2に示すLRFの計測領域を示す図解図である。

【図6】図6は図5に示すLRFを利用して検出された移動軌跡の一例を示す図解図である。

【図7】図7は図1に示すLRFが設置される或る空間の基本地図の一例を示す図解図である。

40

【図8】図8は図7に示す基本地図に基づいて作成されたグリッド地図の一例を示す図解図である。

【図9】図9は算出された通行量の一例を示す図解図である。

【図10】図10は図8に示すグリッド地図に基づいて作成された地図の他の一例を示す図解図である。

【図11】図11は算出された見通し度の一例を示す図解図である。

【図12】図12は図8に示すグリッド地図に基づいて作成された地図のその他の一例を示す図解図である。

【図13】図13は図1に示すロボットの待機場所の候補を示す地図の一例を示す図解図である。

50

【図 1 4】図 1 4 は図 2 に示すロボットが待機場所を検索して移動する様子を示す図解図であり、図 1 4 (A) は移動するユーザにロボットが追従している状態を示し、図 1 4 (B) はユーザがロボットに対して待機を指示している様子を示し、図 1 4 (C) はユーザが店舗へ移動しロボットが待機場所へ移動している様子を示し、図 1 4 (D) はロボットがユーザを待っている状態を示す。

【図 1 5】図 1 5 は図 2 に示す中央制御装置のメモリのメモリマップの一例を示す図解図である。

【図 1 6】図 1 6 は図 4 に示すロボットのメモリのメモリマップの一例を示す図解図である。

【図 1 7】図 1 7 は図 2 に示す中央制御装置のプロセッサの移動軌跡蓄積処理を示すフロー図である。

【図 1 8】図 1 8 は図 2 に示す中央制御装置のプロセッサの邪魔度算出処理を示すフロー図である。

【図 1 9】図 1 9 は図 2 に示す中央制御装置のプロセッサの通行量算出処理を示すフロー図である。

【図 2 0】図 2 0 は図 2 に示す中央制御装置のプロセッサの見通し度算出処理を示すフロー図である。

【図 2 1】図 2 1 は図 4 に示すロボットのプロセッサの待機場所候補地図作成処理を示すフロー図である。

【図 2 2】図 2 2 は図 4 に示すロボットのプロセッサの検索制御処理を示すフロー図である。

【図 2 3】図 2 3 は図 4 に示すロボットのプロセッサの検索処理を示すフロー図である。

【図 2 4】図 2 4 は図 4 に示すロボットのプロセッサの再検索処理を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

図 1 を参照して、この実施例のロボット制御システム 100 は、LRF 12 a , 12 b などを含む数台の LRF が接続される中央制御装置 10 およびロボット 14 を有する。LRF 12 a , 12 b は、人（ユーザ）が任意に移動することができる空間（環境）に設置される。人が任意に移動する空間は、ショッピングモール、会社のフロア、博物館またはアトラクション会場などであり、LRF 12 a , 12 b は様々な空間に設置される。

【0034】

中央制御装置 10 は、一定時間（たとえば、1 秒）毎に LRF 12 a , 12 b によって、任意に移動する人の位置を検出し、連続して検出された位置を移動軌跡として記憶する。また、中央制御装置 10 は、ネットワーク 1000 を介してロボット 14 と無線通信を行い、必要であればロボット 14 の行動を制御する。空間の中で位置が検出された人には、検出された順番に人 ID が付与される。たとえば、最初に検出された人には ID 「001」が付与され、次に検出された人には ID 「002」が付与される。

【0035】

ロボット 14 は、相互作用指向のロボット（コミュニケーションロボット）でもあり、人のようなコミュニケーションの対象との間で、身振り手振りのような身体動作および音声の少なくとも一方を含むコミュニケーション行動を実行する機能を備えている。また、ロボット 14 はコミュニケーションの一環として、ユーザの買い物の手伝いなどのサービスを行う。また、ロボット 14 は、サービスを行う上で必要であれば、空間内を自律的に移動したり、中央制御装置 10 が付与する行動命令に基づいて動作したりする。

【0036】

なお、図 1 では簡単のため、1 人しか図示していないが、中央制御装置 10 はさらに多くの人の位置を検出し、位置データを記憶することができる。さらに、ロボット 14 も同様に 1 台しか示していないが、中央制御装置 10 は 2 台以上のロボット 14 を同時に管理することができる。

10

20

30

40

50

【0037】

図2は中央制御装置10の電氣的な構成を示すブロック図である。図2を参照して、中央制御装置10は、LRF12a, 12bおよびプロセッサ16などを含む。プロセッサ16は、マイクロコンピュータ或いはCPUと呼ばれることもある。プロセッサ16には、先述したLRF12aおよびLRF12bに加えて、他のLRF12が接続される。なお、LRF12a, 12bを区別する必要がない場合、単に「LRF12」と言う。

【0038】

プロセッサ16にはメモリ18、ディスプレイ20、入力装置22、通信LANボード24が接続されると共に、移動軌跡データベース(DB: Database)28も接続される。

10

【0039】

LRF12は、レーザーを照射し、物体(人も含む)に反射して戻ってくるまでの時間から当該物体までの距離を計測するものである。たとえば、トランスミッタ(図示せず)から照射したレーザーを回転ミラー(図示せず)で反射させて、前方を扇状に一定角度(たとえば、0.5度)ずつスキャンする。ここで、LRF12としては、Hokuyo社製のレーザーレンジファインダ(型式UTM)を用いることができる。このレーザーレンジファインダを用いた場合には、距離8mを±15mm程度の誤差で計測可能である。

【0040】

メモリ18はROM, HDDおよびRAMを含む。ROMおよびHDDには、中央制御装置10の動作を制御するための制御プログラムが予め記憶される。また、RAMは、プロセッサ16のワークメモリやバッファメモリとして用いられる。

20

【0041】

ディスプレイ20は中央制御装置10の管理用GUIなどを表示する。入力装置22はマウスおよびキーボードなどを含む。管理者は、ディスプレイ20に表示されるGUIを確認しながら、入力装置22のキーボードやマウスを利用して、中央制御装置10を操作する。

【0042】

通信LANボード24は、たとえばDSPで構成され、プロセッサ16から与えられた送信データを無線通信装置26に与え、無線通信装置26は送信データを、ネットワーク1000を介してロボット14に送信する。たとえば、送信データは、ロボット14の自立移動に必要なデータや、サービスを行うために必要なデータおよびロボット14に指示する行動命令の信号(コマンド)などである。また、通信LANボード24は、無線通信装置26を介してデータを受信し、受信したデータをプロセッサ16に与える。移動軌跡DB28には、LRF12によって検出された人の移動軌跡が記憶される。

30

【0043】

図3はこの実施例のロボット14の外観を示す正面図である。図3を参照して、ロボット14は台車40を含み、台車40の下面にはロボット14を自律移動させる2つの車輪42および1つの従輪44が設けられる。2つの車輪42は車輪モータ46(図4参照)によってそれぞれ独立に駆動され、台車40すなわちロボット14を前後左右の任意方向に動かすことができる。また、従輪44は車輪42を補助する補助輪である。したがって、ロボット14は、配置された空間内を自律制御によって移動可能である。

40

【0044】

台車40の上には、円柱形のセンサ取り付けパネル48が設けられ、このセンサ取り付けパネル48には、多数の赤外線距離センサ50が取り付けられる。これらの赤外線距離センサ50は、センサ取り付けパネル48すなわちロボット14の周囲の物体(人や障害物など)との距離を測定するものである。

【0045】

なお、この実施例では、距離センサとして、赤外線距離センサを用いるようにしてあるが、赤外線距離センサに代えて、小型のLRFや、超音波距離センサおよびミリ波レーダなどを用いることもできる。

50

【 0 0 4 6 】

センサ取り付けパネル 4 8 の上には、胴体 5 2 が直立するように設けられる。また、胴体 5 2 の前方中央上部（人の胸に相当する位置）には、上述した赤外線距離センサ 5 0 がさらに設けられ、ロボット 1 4 の前方の主としてユーザとの距離を計測する。また、胴体 5 2 には、その側面側上端部のほぼ中央から伸びる支柱 5 4 が設けられ、支柱 5 4 の上には、全方位カメラ 5 6 が設けられる。全方位カメラ 5 6 は、ロボット 1 4 の周囲を撮影するものであり、後述する眼カメラ 8 0 とは区別される。この全方位カメラ 5 6 としては、たとえば CCD や CMOS のような固体撮像素子を用いるカメラを採用することができる。なお、これら赤外線距離センサ 5 0 および全方位カメラ 5 6 の設置位置は、当該部位に限定されず適宜変更され得る。

10

【 0 0 4 7 】

胴体 5 2 の両側面上端部（人の肩に相当する位置）には、それぞれ、肩関節 5 8 R および肩関節 5 8 L によって、上腕 6 0 R および上腕 6 0 L が設けられる。図示は省略するが、肩関節 5 8 R および肩関節 5 8 L は、それぞれ、直交する 3 軸の自由度を有する。すなわち、肩関節 5 8 R は、直交する 3 軸のそれぞれの軸廻りにおいて上腕 6 0 R の角度を制御できる。肩関節 5 8 R の或る軸（ヨー軸）は、上腕 6 0 R の長手方向（または軸）に平行な軸であり、他の 2 軸（ピッチ軸およびロール軸）は、その軸にそれぞれ異なる方向から直交する軸である。同様にして、肩関節 5 8 L は、直交する 3 軸のそれぞれの軸廻りにおいて上腕 6 0 L の角度を制御できる。肩関節 5 8 L の或る軸（ヨー軸）は、上腕 6 0 L の長手方向（または軸）に平行な軸であり、他の 2 軸（ピッチ軸およびロール軸）は、その軸にそれぞれ異なる方向から直交する軸である。

20

【 0 0 4 8 】

また、上腕 6 0 R および上腕 6 0 L のそれぞれの先端には、肘関節 6 2 R および肘関節 6 2 L が設けられる。図示は省略するが、肘関節 6 2 R および肘関節 6 2 L は、それぞれ 1 軸の自由度を有し、この軸（ピッチ軸）の軸廻りにおいて前腕 6 4 R および前腕 6 4 L の角度を制御できる。

【 0 0 4 9 】

前腕 6 4 R および前腕 6 4 L のそれぞれの先端には、人の手に相当する球体 6 6 R および球体 6 6 L がそれぞれ固定的に設けられる。ただし、指や掌の機能が必要な場合には、人の手の形をした「手」を用いることも可能である。また、図示は省略するが、台車 4 0 の前面、肩関節 5 8 R と肩関節 5 8 L とを含む肩に相当する部位、上腕 6 0 R、上腕 6 0 L、前腕 6 4 R、前腕 6 4 L、球体 6 6 R および球体 6 6 L には、それぞれ、接触センサ 6 8（図 4 で包括的に示す）が設けられる。台車 4 0 の前面の接触センサ 6 8 は、台車 4 0 への人や他の障害物の接触を検知する。したがって、ロボット 1 4 は、自身の移動中に障害物との接触が有ると、それを検知し、直ちに車輪 4 2 の駆動を停止してロボット 1 4 の移動を急停止させることができる。また、その他の接触センサ 6 8 は、当該各部位に触れたかどうかを検知する。なお、接触センサ 6 8 の設置位置は、当該部位に限定されず、適宜な位置（人の胸、腹、脇、背中および腰に相当する位置）に設けられてもよい。

30

【 0 0 5 0 】

胴体 5 2 の中央上部（人の首に相当する位置）には首関節 7 0 が設けられ、さらにその上には頭部 7 2 が設けられる。図示は省略するが、首関節 7 0 は、3 軸の自由度を有し、3 軸の各軸廻りに角度制御可能である。或る軸（ヨー軸）はロボット 1 4 の真上（鉛直上向き）に向かう軸であり、他の 2 軸（ピッチ軸、ロール軸）は、それぞれ、それと異なる方向で直交する軸である。

40

【 0 0 5 1 】

頭部 7 2 には、人の口に相当する位置に、スピーカ 7 4 が設けられる。スピーカ 7 4 は、ロボット 1 4 が、その周辺の人に対して音声ないし音によってコミュニケーションを取るために用いられる。また、人の耳に相当する位置には、マイク 7 6 R およびマイク 7 6 L が設けられる。以下、右のマイク 7 6 R と左のマイク 7 6 L とをまとめてマイク 7 6 と言うことがある。マイク 7 6 は、周囲の音、とりわけコミュニケーションを実行する対

50

象である人の音声を取り込む。さらに、人の目に相当する位置には、眼球部 78R および眼球部 78L が設けられる。眼球部 78R および眼球部 78L は、それぞれ眼カメラ 80R および眼カメラ 80L を含む。以下、右の眼球部 78R と左の眼球部 78L とをまとめて眼球部 78 と言うことがある。また、右の眼カメラ 80R と左の眼カメラ 80L とをまとめて眼カメラ 80 と言うことがある。

【0052】

眼カメラ 80 は、ロボット 14 に接近した人の顔や他の部分ないし物体などを撮影して、それに対応する映像信号を取り込む。また、眼カメラ 80 は、上述した全方位カメラ 56 と同様のカメラを用いることができる。たとえば、眼カメラ 80 は、眼球部 78 内に固定され、眼球部 78 は、眼球支持部（図示せず）を介して頭部 72 内の所定位置に取り付けられる。図示は省略するが、眼球支持部は、2軸の自由度を有し、それらの各軸廻りに角度制御可能である。たとえば、この2軸の一方は、頭部 72 の上に向かう方向の軸（ヨー軸）であり、他方は、一方の軸に直交しかつ頭部 72 の正面側（顔）が向く方向に直行する方向の軸（ピッチ軸）である。眼球支持部がこの2軸の各軸廻りに回転されることによって、眼球部 78 ないし眼カメラ 80 の先端（正面）側が変位され、カメラ軸すなわち視線方向が移動される。なお、上述のスピーカ 74、マイク 76 および眼カメラ 80 の設置位置は、当該部位に限定されず、適宜な位置に設けられてよい。

10

【0053】

このように、この実施例のロボット 14 は、車輪 42 の独立 2 軸駆動、肩関節 58 の 3 自由度（左右で 6 自由度）、肘関節 62 の 1 自由度（左右で 2 自由度）、首関節 70 の 3 自由度および眼球支持部の 2 自由度（左右で 4 自由度）の合計 17 自由度を有する。

20

【0054】

図 4 はロボット 14 の電氣的な構成を示すブロック図である。この図 4 を参照して、ロボット 14 は、プロセッサ 90 を含む。プロセッサ 90 は、マイクロコンピュータ或いはプロセッサとも呼ばれ、バス 92 を介して、メモリ 94、モータ制御ボード 96、センサ入力/出力ボード 98、音声入力/出力ボード 110 および通信 LAN ボード 122 に接続される。

【0055】

メモリ 94 は ROM および RAM を含む。ROM には、ロボット 14 の動作を制御するための制御プログラムが予め記憶される。たとえば、各センサの出力（センサ情報）を検知するための検知プログラムや、外部コンピュータ（中央制御装置 10）との間で必要なデータやコマンドを送受信するための通信プログラムなどが記憶される。また、RAM は、プロセッサ 90 のワークメモリやバッファメモリとして用いられる。

30

【0056】

モータ制御ボード 96 は、たとえば DSP で構成され、各腕や首関節および眼球部などの各軸モータの駆動を制御する。すなわち、モータ制御ボード 96 は、プロセッサ 90 からの制御データを受け、右眼球部 78R の 2 軸のそれぞれの角度を制御する 2 つのモータ（図 4 では、まとめて「右眼球モータ 112」と示す）の回転角度を制御する。同様に、モータ制御ボード 96 は、プロセッサ 90 からの制御データを受け、左眼球部 78L の 2 軸のそれぞれの角度を制御する 2 つのモータ（図 4 では、まとめて「左眼球モータ 114」と示す）の回転角度を制御する。

40

【0057】

また、モータ制御ボード 96 は、プロセッサ 90 からの制御データを受け、肩関節 58R の直交する 3 軸のそれぞれの角度を制御する 3 つのモータと肘関節 62R の角度を制御する 1 つのモータとの計 4 つのモータ（図 4 では、まとめて「右腕モータ 116」と示す）の回転角度を制御する。同様に、モータ制御ボード 96 は、プロセッサ 90 からの制御データを受け、肩関節 58L の直交する 3 軸のそれぞれの角度を制御する 3 つのモータと肘関節 62L の角度を制御する 1 つのモータとの計 4 つのモータ（図 4 では、まとめて「左腕モータ 118」と示す）の回転角度を制御する。

【0058】

50

さらに、モータ制御ボード96は、プロセッサ90からの制御データを受け、首関節70の直交する3軸のそれぞれの角度を制御する3つのモータ(図4では、まとめて「頭部モータ120」と示す)の回転角度を制御する。

【0059】

そして、モータ制御ボード96は、プロセッサ90からの制御データを受け、車輪42を駆動する2つのモータ(図4では、まとめて「車輪モータ46」と示す)の回転角度を制御する。なお、この実施例では、車輪モータ46を除くモータは、制御を簡素化するためにステッピングモータ(すなわち、パルスモータ)を用いる。ただし、車輪モータ46と同様に直流モータを用いるようにしてもよい。また、ロボット14の身体部位を駆動するアクチュエータは、電流を動力源とするモータに限らず適宜変更されてもよい。たとえば、他の実施例では、エアアクチュエータなどが適用されてもよい。

10

【0060】

センサ入力/出力ボード98は、モータ制御ボード96と同様に、DSPで構成され、各センサからの信号を取り込んでプロセッサ90に与える。すなわち、赤外線距離センサ50のそれぞれからの反射時間に関するデータがこのセンサ入力/出力ボード98を通じてプロセッサ90に輸入される。また、全方位カメラ56からの映像信号が、必要に応じてセンサ入力/出力ボード98で所定の処理を施してからプロセッサ90に輸入される。眼カメラ80からの映像信号も、同様に、プロセッサ90に輸入される。また、上述した複数の接触センサ68(図4では、まとめて「接触センサ68」と示す)からの信号がセンサ入力/出力ボード98を介してプロセッサ90に与えられる。

20

【0061】

音声入力/出力ボード110もまた、同様に、DSPで構成され、プロセッサ90から与えられる音声合成データに従った音声または声がスピーカ74から出力される。また、マイク76からの音声入力が、音声入力/出力ボード110を介してプロセッサ90に与えられる。

【0062】

通信LANボード122は、たとえばDSPで構成され、プロセッサ90から与えられた送信データを無線通信装置124に与え、無線通信装置124は送信データを、ネットワーク1000を介して外部コンピュータ(中央制御装置10)に送信する。また、通信LANボード122は、無線通信装置124を介してデータを受信し、受信したデータをプロセッサ90に与える。たとえば、送信データとしては、全方位カメラ56および目カメラ80によって撮影された周囲の映像データなどである。

30

【0063】

次に、LRF12について詳細に説明する。図5を参照して、LRF12の計測範囲は、半径R(R=8m)の半円形状(扇形)で示される。つまり、LRF12は、その正面方向を中心とした場合に、左右90度の方向を所定の距離以内で計測可能である。

【0064】

また、使用しているレーザーは、日本工業規格JIS C 6802「レーザー製品の安全基準」におけるクラス1レーザーであり、人の眼に対して影響を及ぼさない安全なレベルである。また、この実施例では、LRF12のサンプリングレートを37Hzとした。これは、歩行するなどにより移動する人の位置を連続して検出するためである。

40

【0065】

さらに、LRF12の各々は、計測範囲が重なるように配置され、図示は省略するが、床面から約90cmの高さに固定される。この高さは、被験者の胴体と腕(両腕)とを検出可能とするためであり、たとえば、日本人の成人の平均身長から算出される。したがって、中央制御装置10を設ける場所(地域ないし国)や被験者の年齢ないし年代(たとえば、子供、大人)に応じて、LRF12を固定する高さを適宜変更するようにしてよい。

【0066】

このような構成の中央制御装置10では、プロセッサ16がLRF12からの出力(距離データ)に基づいて、パーティクルフィルタを用いて、人の現在位置の変化を推定する

50

。そして、推定された位置の変化が移動軌跡として記憶される。

【0067】

たとえば、図6を参照して、LRF12a, 12bは互いに向い合せに設置され、LRF12a, 12bの計測範囲が重なる範囲は斜線が付されている。斜線の範囲は検出領域とされ、この検出領域内では人の位置が連続的に検出される。そして、連続的に検出された位置の変化が移動軌跡となる。つまり、移動軌跡データは、複数の位置データから構成される。なお、検出領域にはx-y座標が設定され、人の位置データは(x, y)の座標で示すことができる。

【0068】

図7は複数のLRF12が設置される空間の基本地図である。図7を参照して、地図が対応する空間は或るショッピングモールの一部である。空間には、店舗などの施設および通路などが含まれる。店舗の領域(以下、店舗領域と言う。)Sには、人の視線を遮る壁(障害物)が含まれる。通路の領域(以下、通路領域と言う。)Aには、エスカレータが設置されている対象外領域N1、LRF12の検出範囲の外である対象外領域N2、後述する通行量などの計算を行わない対象外領域N3および通路上に置かれたベンチB1, B2などが含まれる。また、複数のLRF12が通路領域Aに設置されており、通路領域Aの略全体が検出領域となる。そのため、移動軌跡DB28には、ショッピングモールの通路を行き交う人々の移動軌跡が記憶される。なお、基本地図上の店舗領域Sおよび壁などは中央制御装置の管理者によって予め設定される。また、本実施例では、2m以上の高さの構造物を「壁」として設定している。ただし、ガラスの構造物(ショーケース)は人の視線を遮らないため「壁」として設定しない。

【0069】

ここで、本実施例では、通路を行き交う人々の通行量および店舗の活動を考慮してロボット14の待機場所の候補を予め決めておき、ユーザから待機が指示されたときにロボット14が適切な場所で待機するようにする。

【0070】

図8は通路領域Aをグリッドによって分割したグリッド地図である。通路領域Aは、一辺が一定の長さ(たとえば、33cm)のグリッドによって分割されている。本実施例では、このグリッドを利用して通路領域Aの通行量および見通し度を算出する。通行量は、或るグリッドにおける通路を行き交う人々の量を示す値である。見通し度は、「客が店舗内を見る」または「店員が客を見る」と言うことが可能であることを示す値であり、店舗の活動に対する邪魔さを表現することが出来る。たとえば、見通し度が高い位置でロボット14が待機した場合、店員は通路を見ることが出来ず、客は店舗の中を見ることが出来ないため、ロボット14の待機は店舗の活動を邪魔することになる。

【0071】

まず、空間を行き交う人々の通行量は、グリッド地図の各グリッドにおいて、所定時間(たとえば、5時間)Tの間人が通った回数をカウントすることで算出することが出来る。具体的には、まずグリッド地図の各グリッドと対応する二次元配列を設定し、所定時間Tの間に記憶された全ての人の移動軌跡が移動軌跡DB28から読み出される。次に、或る人pに着目して、或る時刻tの移動軌跡の座標に最も近いグリッドと対応する二次元配列の値をインクリメントする。そして、この処理を或る人pに対して或る時刻tから所定周期t(たとえば、1秒)毎に繰り返す。これにより、或る人pにおける所定時間Tの移動軌跡がグリッドに反映される。そして、これらの処理を全ての人に対して行うことで、所定時間T内に通路領域Aを通った全ての人の移動軌跡が、グリッドに反映される。

【0072】

また、全ての人の移動軌跡をグリッドに反映した後、二次元配列の各値を、移動軌跡を観測した時間および空間に依存しない値とする。具体的には、まず各グリッド(二次元配列)の値を所定時間Tで割ることで、移動軌跡を観測した時間に依存しない値とする。次に、各グリッドの平均値および標準偏差を求め、各グリッドの値を数1に示す数式によって標準化することで、移動軌跡を観測した空間に依存しない値とする。そして、これらの

計算を行うことで得られた値を通行量とする。

【0073】

[数1]

$$\text{グリッドの通行量} = \frac{\text{グリッドの値} - \text{平均値}}{\text{標準偏差}}$$

【0074】

たとえば、或る複数のグリッド(7×7)において、左下から右上、または右上から左下に移動する人が多い場合、複数のグリッドの通行量は図9のように示される。つまり、右上と左下との対角線上のグリッドにおいて通行量が高く示される。

10

【0075】

図10は通路領域Aの通行量を示すグリッド地図である。なお、グリッド線は簡単のため省略する。図10から分かるように、右側の入り口周辺の通行量が特に高くなっている。一方、店舗の壁付近では通行量が低くなっている。

【0076】

続いて、見通し度は、店舗領域Sから通路領域Aの各グリッドを見通すことが出来るかを判断することで算出することが出来る。具体的には、まず店舗領域Sも通路領域Aと同じ大きさのグリッドで分割し、通路領域Aおよび店舗領域Sのグリッドに対応する新しい二次元配列を設定する。次に、店舗領域Sの或るグリッドsから所定距離(たとえば、2.5m)以内に位置する通路領域Aの或るグリッドaにおいて、2つのグリッド間に障害物(壁)が存在していなければ、対応する二次元配列の値をインクリメントする。そして、この処理を店舗領域Sの全てのグリッドに対して施す。そして、このようにしてカウントされた通路領域Aの各グリッドの値を見通し度とする。

20

【0077】

たとえば、或る複数のグリッド(7×5)において、店舗領域Sから通路領域Aを見たときの見通し度は図11のように示される。つまり、店舗領域Sと接している通路領域Aのグリッドaの見通し度が高くなり、店舗領域Sから離れるにつれて見通し度が低くなる。また、店舗領域Sと近い通路領域Aのグリッドaであっても、途中に障害物(壁)が存在している場合は、見通し度は低くなる。

【0078】

図12は見通し度を示すグリッド地図である。なお、図10のグリッド地図と同様、グリッド線は簡単のため省略する。図12から分かるように、店舗の入り口付近では見通し度が高くなっており、障害物(壁)の周囲は見通し度が低くなっている。つまり、店舗の入り口付近では店舗の活動に対する邪魔さが高くなり、店舗の壁などの周辺では店舗の活動に対する邪魔さが低くなる事が分かる。

30

【0079】

続いて、このようにして算出された通行量および見通し度を待機場所計算モデルに入力することで、第三者への邪魔さを示すグリッド地図を作製する。この待機場所計算モデルは、複数の人へアンケートから得られた「待機場所として適切な場所」または「待機場所として不適切な場所」を教師データとしてSVM(Support Vector Machine)に学習させることで予め作成される。また、待機場所計算モデルは、上述のアンケート結果に近似するようにパラメータチューニングが行われている。なお、待機場所計算モデルの作成においてSVMを用いたため、空間に依存しないパラメータチューニングが可能となった。

40

【0080】

このようにして作成された「第三者への邪魔さを示すグリッド地図(以下、単に邪魔度地図という。)」では、各グリッドに邪魔度が設定されている。本実施例の邪魔度は、「0」~「1」の値をとり、「0」に近いほど第三者へ与える影響が小さく、「1」に近いほど第三者へ与える影響が大きい。つまり、「1」が設定されている場所でロボット14が待機すると人々はロボット14を邪魔だと感じ、「0」が設定されている場所でロボット14が待機すると人々はロボット14を邪魔だと感じにくくなる。

50

【0081】

ここで、ロボット14は1つのグリッドには収まりきらないので、1グリッドの邪魔度を基準として待機場所を検索した場合、検索されたグリッド(待機場所)にロボット14が移動すると邪魔度が高いグリッドにロボット14がはみ出してしまう可能性がある。そこで、ロボット14の大きさに基づいて周囲グリッド(ここでは、9つのグリッド)を設定することで、ロボット14の大きさに対応できるようにしている。具体的には、邪魔度地図において、グリッド毎に、周囲グリッドの邪魔度の平均値を中心グリッドに再設定する。なお、ロボット14が1つのグリッドからはみ出さない場合、邪魔度の再設定は不要となる。また、他の実施例では周囲グリッドの値は「9」より小さくてもよいし、大きくてもよい。

10

【0082】

図13は邪魔度が再設定(再計算)された結果に基づいて作成された待機場所候補地図である。この地図において、塗りつぶされているグリッドが「待機場所として適切な場所」を示し、塗りつぶされていないグリッドが「待機場所として不適切な場所」を示す。図13から分かるように右中央の入り口付近の壁、下側中央の店舗の壁の近くが待機場所として適切であると示されている。一方、入り口の中央、通路の中央および店舗の入り口の前などは、待機場所として不適切だと示されている。

【0083】

また、待機場所候補地図はロボット14に記憶されているものであるため、他の地図とは違ってロボット14の初期位置Hが含まれる。たとえば、客は初期位置Hでロボット14とコミュニケーションを行うことで、買い物の手伝いを依頼することが可能である。

20

【0084】

図14(A)-(D)を参照して、ユーザとロボット14との実際の行動について説明する。ユーザの後をロボット14が追従している状態で、ユーザが立ち止り「ちょっと待ってね」とロボット14に対して待機を指示すると、ロボット14は待機場所候補地図に基づいて待機場所の検索を開始する。待機場所の検索処理では、複数の待機場所の候補位置のうち、現在位置から候補位置を見通せて、ロボット14(現在位置)から最も近い場所(第1条件)が選択される。ここでは、ロボット14右下の候補位置が選択され、ロボット14は待機場所へ移動し、ユーザは店舗の中へ入っていく。そして、ロボット14はユーザが戻ってくるまで、待機場所で待機することになる。つまり、周囲の人々の邪魔になりにくい場所でロボット14を待機させることが出来る。また、ユーザは、任意のタイミングでロボット14を待機させることが出来る。そして、ロボット14は現在位置から見える場所で待機するため、ユーザは待機しているロボット14を見つけやすい。

30

【0085】

また、待機場所が検索されない場合、条件を変更して待機場所が再検索される。具体的には、複数の待機場所の候補位置のうち、現在位置から候補位置を見通せない位置も含めて、ロボット14から最も近い場所が検索される(第2条件)。つまり、待機場所の候補を増やすことが出来る。そして、待機場所が再検索によって見つかった場合、ロボット14は待機場所を示すメッセージ(たとえば、「あの柱の向こうにいるよ」)をユーザに伝達してから、待機場所へ移動する。これにより、ユーザは、ロボット14の位置を見失いにくくなる。

40

【0086】

なお、再検索によって待機場所が見つけれない場合、ロボット14は初期位置Hに戻る。このとき、ロボット14は初期位置に戻ることをユーザに伝える。ただし、他の実施例では、初期位置ではなく、ユーザによって予め指定された位置に移動するようにしてもよい。

【0087】

また、本実施例では、通行量および邪魔度を計算する領域を通路領域Aに限定することで、待機場所を検索する処理などの処理時間を短縮している。

【0088】

50

以下、図 15 に示す中央制御装置 10 のメモリマップ、図 16 に示すロボット 14 のメモリマップ、図 17 - 図 24 に示すフロー図を用いて、本実施例の概要を説明する。

【0089】

図 15 は図 2 に示す中央制御装置 10 におけるメモリ 18 のメモリマップの一例を示す図解図である。図 15 で示すように、メモリ 18 はプログラム記憶領域 302 およびデータ記憶領域 304 を含む。プログラム記憶領域 302 には、中央制御装置 10 を動作させるためのプログラムとして、移動軌跡蓄積プログラム 310 および邪魔度算出プログラム 312 などが記憶される。また、邪魔度算出プログラム 312 は、通行量算出プログラム 312 a および見通し度算出プログラム 312 b をサブルーチンとして含む。

【0090】

移動軌跡蓄積プログラム 310 は、人の位置を連続して検出することで得た移動軌跡を、移動軌跡 DB 28 に記憶するためのプログラムである。邪魔度計算プログラム 312 は、通行量および見通し度に基づいて邪魔度を算出するためのプログラムである。通行量算出プログラム 312 a は通行量を算出するためのプログラムである。見通し度算出プログラム 312 b は見通し度を算出するためのプログラムである。

【0091】

なお、図示は省略するが、中央制御装置 10 を動作させるためのプログラムには、LRF 12 によって得た距離を位置（座標）データに変換するためのプログラムなども含まれる。

【0092】

データ記憶領域 304 には、通行量地図データ 330、見通し度地図データ 332 および邪魔度地図データ 334 などが記憶される。通行量地図データ 330 は、図 10 に示すように通行量を示す地図のデータである。見通し度地図データ 332 は、図 12 に示すように見通し度を示す地図のデータである。邪魔度地図データ 336 は、各グリッドに邪魔度が対応付けられている地図のデータである。

【0093】

なお、図示は省略するが、データ記憶領域 304 には、基本地図のデータが記憶されると共に、様々な計算の結果を一時的に格納するバッファや、中央制御装置 10 の動作に必要な他のカウンタやフラグなども設けられる。

【0094】

図 16 は図 4 に示すロボット 14 におけるメモリ 94 のメモリマップの一例を示す図解図である。メモリ 94 はプログラム記憶領域 402 およびデータ記憶領域 404 を含む。プログラム記憶領域 402 にはロボット 14 を動作させるためのプログラムとして、待機場所候補地図作成プログラム 410 および検索制御プログラム 412 などが記憶される。また、検索制御プログラム 412 は、検索プログラム 412 a および再検索プログラム 412 b をサブルーチンとして含む。

【0095】

待機場所候補地図作成プログラム 410 は図 13 に示すような地図を作成するためのプログラムである。検索制御プログラム 412 は待機場所を検索するロボット 14 を制御するためのプログラムである。検索プログラム 412 a は待機場所を検索するプログラムである。再検索プログラム 412 b は最初の検索によって待機場所を見つけられなかった場合に待機場所を再検索するためのプログラムである。

【0096】

なお、図示は省略するが、ロボット 14 を動作させるためのプログラムには、ユーザとのコミュニケーションを行うためのプログラムなども含まれる。

【0097】

データ記憶領域 404 には、現在位置バッファ 430 および通信バッファ 432 などが設けられると共に、待機場所候補地図データ 434 などが記憶される。現在位置バッファ 430 には、ロボット 14 の現在位置を示す座標のデータが一時的に記憶される。通信バッファ 432 には、中央制御装置 10 との通信によって得られたデータが一時的に記憶さ

10

20

30

40

50

れる。待機場所候補地図データ434は、図13に示すように、待機場所の候補を示す地図データであり、各グリッドには再計算された邪魔度が対応付けられている。

【0098】

なお、図示は省略するが、データ記憶領域304には、コミュニケーションに必要な音声データなどが記憶されると共に、様々な計算の結果を一時的に格納するバッファや、ロボット14の動作に必要な他のカウンタやフラグなども設けられる。

【0099】

中央制御装置のプロセッサ16は、Linux（登録商標）ベースのOSや、その他のOSの制御下で、図17に示す移動軌跡蓄積処理、図18に示す邪魔度算出処理、図19に示す通行量算出処理および図20に示す見通し度算出処理などを含む、複数のタスクを処理する。

10

【0100】

図17は移動軌跡蓄積処理のフロー図である。中央制御装置10の電源がオンにされると、中央制御装置10のプロセッサ16は、ステップS1で現在時刻を記憶し、ステップS3で人の位置情報を検出する。つまり、ステップS1で記憶された時刻に対応して、検出領域内に存在する人々の位置座標が検出される。続いて、ステップS5でプロセッサ16は、現在時刻および位置情報を記憶する。つまり、移動軌跡DB28に現在時刻および位置情報が記憶される。続いて、ステップS7でプロセッサ16は、終了命令か否かを判断する。たとえば、管理者によって中央制御装置10の電源をオフにする操作がされたかを判断する。ステップS7で“NO”であれば、つまり、終了命令がなければステップS1に戻る。そして、ステップS1-S7の処理が繰り返される。つまり、移動軌跡DB28には検出領域内の人々の位置が繰り返して記憶される。一方、ステップS7で“YES”であれば、たとえば終了操作がされると、移動軌跡蓄積処理は終了する。なお、このようにして繰り返して記憶された人々の位置の変化が移動軌跡として読み出される。

20

【0101】

図18は邪魔度算出処理のフロー図である。たとえば、中央制御装置10の管理者によって邪魔度を算出する操作がされると、プロセッサ16はステップS11で通行量算出処理を実行する。続いて、ステップS13でプロセッサ16は、見通し度算出処理を実行する。これらの処理については図19および図20に示すフロー図を用いて詳細に説明するため、ここでの説明は省略する。

30

【0102】

続いて、ステップS15でプロセッサ16は、邪魔度を算出する。つまり、待機場所計算モデルに対して、上述の2つのステップで算出された通行量および見通し度を入力し、邪魔度を求める。続いて、ステップS17でプロセッサ16は、邪魔度地図を作成する。つまり、算出された邪魔度を各グリッドに対応付けた邪魔度地図を作成する。また、作成された邪魔度地図は、邪魔度地図データ334としてメモリ18に記憶される。そして、ステップS17の処理が終了すると、邪魔度算出処理は終了する。

【0103】

なお、ステップS11の処理を実行するプロセッサ16は第1算出手段として機能し、ステップS13の処理を実行するプロセッサ16は第2算出手段として機能し、ステップS15の処理を実行するプロセッサ16は第3算出手段として機能する。また、ステップS17の処理を実行するプロセッサ17は作成手段として機能する。

40

【0104】

図19は通行量算出処理のフロー図である。邪魔度算出処理でステップS11が実行されると、ステップS31でプロセッサ16は、所定時間Tの間に記憶された全ての人の移動軌跡を取得する。たとえば、所定時間Tが13時から18時まで5時間である場合、プロセッサ16は、その時間帯に記憶された移動軌跡を移動軌跡DB28から取得する。

【0105】

続いて、ステップS33でプロセッサ16は、変数pを初期化する。変数pは移動軌跡と対応する人を指定するための変数であり、後述する処理で任意の人を指定するために変

50

数 p は初期化される。続いて、ステップ S 3 5 でプロセッサ 1 6 は、時刻 t を初期化する。時刻 t は移動軌跡の座標を指定するための変数として利用される。また、所定時間 T が 1 3 時から 5 時間であれば、時刻 t は 1 3 時とされる。

【 0 1 0 6 】

続いて、ステップ S 3 7 でプロセッサ 1 6 は、時刻 t における人 p の位置に最も近いグリッドをインクリメントする。たとえば、人 p に対応する移動軌跡から時刻 t と対応付けられている座標を特定し、その座標と最も近いグリッドと対応する二次配列の値がインクリメントされる。続いて、ステップ S 3 9 でプロセッサ 1 6 は、時刻 t を更新する。たとえば、数 2 に従う式に基づいて時刻 t が更新される。

【 0 1 0 7 】

[数 2]

時刻 $t =$ 時刻 $t +$ 所定周期 t

たとえば、時刻 t が 1 3 時であり、所定周期 t が 1 秒であれば、時刻 t は 1 3 時 1 秒に更新される。

【 0 1 0 8 】

続いて、ステップ S 4 1 でプロセッサ 1 6 は、所定時間 T 内の人 p の移動軌跡がグリッドに反映されたか否かを判断する。つまり、プロセッサ 1 6 は、時刻 t の値が所定時間 T の最後の時刻（たとえば、1 8 時）と一致したかを判断する。ステップ S 4 1 で “ N O ” であれば、つまり人 p の移動軌跡が全て反映されていなければ、ステップ S 3 7 に戻る。

【 0 1 0 9 】

一方、ステップ S 4 1 で “ Y E S ” であれば、つまり人 p の移動軌跡が全て反映されると、ステップ S 4 3 でプロセッサ 1 6 は、全ての人の移動軌跡がグリッドに反映されたか否かを判断する。つまり、プロセッサ 1 6 は所定時間 T の間に検出された全ての人の移動軌跡に基づいて、各グリッドの値がインクリメントされたかを判断する。具体的には、プロセッサ 1 6 は変数 p が検出された人の最大値と一致したかを判断する。ステップ S 4 3 で “ N O ” であれば、つまり全ての人の移動軌跡がグリッドに反映されていなければ、ステップ S 4 5 でプロセッサ 1 6 は変数 p をインクリメントして、ステップ S 3 5 に戻る。つまり、次の人を指定するために、変数 p はインクリメントされる。

【 0 1 1 0 】

一方、ステップ S 4 3 で “ Y E S ” であれば、つまり全ての人の移動軌跡がグリッドに反映されると、ステップ S 4 7 でプロセッサ 1 6 は、各グリッドのカウント値を所定時間で割る。つまり、各グリッドの値が移動軌跡を観測した時間に依存しない値にされる。続いて、プロセッサ 1 6 は、ステップ S 4 9 で全てのグリッドの平均値と標準偏差とを算出し、ステップ S 5 1 で各グリッドの通行量を標準化する。つまり、各グリッドの値が移動軌跡を観測した空間に依存しない値にされる。そして、標準化された値、つまり通行量を利用して通行量地図が作成され、通行量地図データ 3 3 0 としてメモリ 1 8 に記憶される。なお、ステップ S 5 1 の処理が終了すれば、通行量算出処理を終了し、邪魔度算出処理に戻る。

【 0 1 1 1 】

図 2 0 は見通し度算出処理のフロー図である。邪魔度算出処理でステップ S 1 1 が実行されると、ステップ S 7 1 でプロセッサ 1 6 は、地図上に店舗領域 S 、通路領域 A 、障害物の情報を設定する。たとえば、管理者の操作に応じて、地図上に店舗領域 S 、通路領域 A 、障害物の情報が地図上に設定される。

【 0 1 1 2 】

続いて、プロセッサ 1 6 は、ステップ S 7 3 で変数 s を初期化し、ステップ S 7 5 で変数 a を初期化する。変数 s は店舗領域 S のグリッドを指定するための変数であり、変数 a は通路領域 A のグリッドを指定するための変数である。そして、変数 s 、変数 a を初期化することで、以降の処理で店舗領域 S および通路領域 A の各グリッドを任意に指定することが可能となる。

【 0 1 1 3 】

10

20

30

40

50

続いて、ステップ S 7 7 でプロセッサ 1 6 は、店舗領域 S のグリッド s と通路領域 A のグリッド a との距離は閾値より小さいか否かを判断する。つまり、プロセッサ 1 6 は、各変数で指定されたグリッド間の距離が閾値（たとえば、2.5 m）より小さいかを判断する。ステップ S 7 7 で“NO”であれば、つまり上述の 2 つのグリッドの距離が閾値より大きければ、ステップ S 8 3 に進む。一方、ステップ S 7 7 で“YES”であれば、つまり 2 つのグリッドの距離が閾値より小さければ、ステップ S 7 9 でプロセッサ 1 6 は、グリッド s とグリッド a との間に障害物があるかを判断する。つまり、グリッド a の位置からグリッド s の位置を見通すことが出来るかが判断される。ステップ S 7 9 で“YES”であれば、つまりグリッド a の位置からグリッド s の位置を見通すことが出来なければ、ステップ S 8 3 に進む。また、ステップ S 7 9 で“NO”であれば、つまりグリッド a の位置からグリッド s の位置を見通すことが出来れば、ステップ S 8 1 でプロセッサ 1 6 は、グリッド a の値をインクリメントする。つまり、グリッド a と対応する二次元配列の値がインクリメントされる。

10

【0114】

続いて、ステップ S 8 3 でプロセッサ 1 6 は、通路領域 A の検索が終了したか否かを判断する。つまり、プロセッサ 1 6 は変数 a の値が通路領域 A のグリッド a の総数と一致したかを判断する。ステップ S 8 3 で“NO”であれば、つまり通路領域 A の検索が終了していなければ、ステップ S 8 5 でプロセッサ 1 6 は、変数 a をインクリメントする。つまり、次のグリッド a が指定される。そして、ステップ S 8 5 の処理が終了すれば、ステップ S 7 7 に戻る。

20

【0115】

また、ステップ S 8 3 で“YES”であれば、つまり通路領域 A の検索が終了していれば、ステップ S 8 7 でプロセッサ 1 6 は、店舗領域 S の検索が終了したか否かを判断する。つまり、プロセッサ 1 6 は変数 s の値が店舗領域 S のグリッド s の総数と一致したかを判断する。ステップ S 8 7 で“NO”であれば、つまり店舗領域 S の検索が終了してなければ、ステップ S 8 9 でプロセッサ 1 6 は、変数 s をインクリメントする。つまり、次のグリッド s が指定される。そして、ステップ S 8 9 の処理が終了すれば、ステップ S 7 5 に戻る。

【0116】

また、ステップ S 8 7 で“YES”であれば、つまり店舗領域 S の検索が終了していれば、ステップ S 9 1 でプロセッサ 1 6 は、通路領域 A の各グリッド a に見通し度を設定する。たとえば、各グリッドの値（二次元配列の値）に基づいて、図 1 2 に示すような見通し度地図が作成される。そして、ステップ S 9 1 の処理が終了すれば、見通し度算出処理は終了し、邪魔度算出処理に戻る。

30

【0117】

ロボット 1 4 のプロセッサ 9 0 は、Linux ベースの OS や、その他の OS の制御下で、図 2 1 に示す待機場所候補地図作成処理、図 2 2 に示す検索制御処理、図 2 3 に示す検索処理および図 2 4 に示す再検索処理を含む、複数のタスクを処理する。

【0118】

図 2 1 は待機場所候補地図作成処理のフロー図である。たとえば、ロボット 1 4 の初期設定がされると、ステップ S 1 1 1 でプロセッサ 9 0 は、ロボット 1 4 の大きさに基づいて周囲グリッドの数を設定する。たとえば、上述したように周囲グリッドの数として「9」が設定される。続いて、ステップ S 1 1 3 でプロセッサ 9 0 は、邪魔度地図を取得する。つまり、中央制御装置 1 0 との通信を確立して、邪魔度地図データ 3 3 4 が中央制御装置 1 0 から取得される。なお、取得された邪魔度地図データ 3 3 4 は通信バッファ 4 3 2 に記憶される。続いて、ステップ S 1 1 5 でプロセッサ 9 0 は、変数 g を初期化する。変数 g はグリッドを指定するための変数である。そして、以下の処理で任意のグリッド g を指定するために、変数 g が初期化される。

40

【0119】

続いて、ステップ S 1 1 7 でプロセッサ 9 0 は、邪魔度地図のグリッド g を基準として

50

、周囲グリッドの邪魔度の平均値を算出する。つまり、グリッド g を中心とする 9 つ (3×3) のグリッドと対応する邪魔度が読み出され、それらの邪魔度の平均値が算出される。続いて、ステップ $S 1 1 9$ でプロセッサ $9 0$ は、算出された邪魔度の平均値をグリッド g に設定する。つまり、周囲グリッドの中心に位置するグリッド g に平均値が設定される。続いて、ステップ $S 1 2 1$ でプロセッサ $9 0$ は、変数 g をインクリメントする。つまり、次のグリッドを指定するために変数 g がインクリメントされる。

【 0 1 2 0 】

続いて、ステップ $S 1 2 3$ でプロセッサ $9 0$ は、全てのグリッドに対して邪魔度が再計算されたか否かを判断する。つまり、変数 g の値がグリッド g の最大値と一致したかが判断される。ステップ $S 1 2 3$ で “ N O ” であれば、つまり全てのグリッドで邪魔度が再計算されていないければ、ステップ $S 1 1 7$ に戻る。

10

【 0 1 2 1 】

また、ステップ $S 1 2 3$ で “ Y E S ” であれば、つまり全てのグリッドで邪魔度が再計算されると、ステップ $S 1 2 5$ でプロセッサ $9 0$ は、再計算された邪魔度に基づいて待機場所候補地図を作成する。たとえば、図 1 3 に示すような待機場所候補地図が作成される。また、作成された地図は、待機場所候補地図データ 4 3 4 としてロボット 1 4 のメモリ 9 4 に記憶される。そして、ステップ $S 1 2 5$ の処理が終了すれば、待機場所候補地図作成処理は終了する。

【 0 1 2 2 】

なお、待機場所候補地図作成処理は、後述する検索制御処理のサブルーチンとして実行されてもよい。また、ステップ $S 1 2 5$ の処理を実行するプロセッサ $9 0$ は作成手段として機能する。

20

【 0 1 2 3 】

図 2 2 は検索制御処理のフロー図である。たとえば、ユーザの買い物を手伝う状態となると、ステップ $S 1 4 1$ でプロセッサ $9 0$ は、ユーザから待機が指示されたか否かを判断する。たとえば、「ちょっと待っててね」などの音声コマンドが入力されたかが判断される。ステップ $S 1 4 1$ で “ N O ” であれば、待機が指示されていないければ、プロセッサ $9 0$ はステップ $S 1 4 1$ の処理を繰り返す。

【 0 1 2 4 】

また、ステップ $S 1 4 1$ で “ Y E S ” であれば、つまりユーザから待機が指示されると、ステップ $S 1 4 3$ でプロセッサ $9 0$ は、ロボット 1 4 の現在位置を取得する。たとえば、本実施例では現在位置バッファ 4 3 0 から現在位置が取得される。なお、ロボット 1 4 の現在位置が中央制御装置 1 0 によって管理されている場合は中央制御装置 1 0 から現在位置が取得される。

30

【 0 1 2 5 】

続いて、ステップ $S 1 4 5$ でプロセッサ $9 0$ は、検索処理を実行する。つまり、ロボット 1 4 の待機場所が検索される。この検索処理については、図 2 3 のフロー図を用いて後述するため、ここでの詳細な説明は省略する。なお、ステップ $S 1 4 5$ の処理を実行するプロセッサ $9 0$ は検索手段として機能する。続いて、ステップ $S 1 4 7$ でプロセッサ $9 0$ は、移動先が見つかったか否かを判断する。つまり、検索処理によって待機場所が検索されたか否かを判断する。ステップ $S 1 4 7$ で “ Y E S ” であれば、つまり待機場所が検索されていれば、ステップ $S 1 4 9$ でプロセッサ $9 0$ は、待機場所へ移動する。つまり、プロセッサ $9 0$ は、検索された待機場所へ移動するよう、ロボット 1 4 を制御する。そして、ステップ $S 1 4 9$ の処理が終了すれば、検索制御処理は終了する。なお、ステップ $S 1 4 9$ の処理を実行するプロセッサ $9 0$ は移動手段として機能する。

40

【 0 1 2 6 】

また、ステップ $S 1 4 7$ で “ N O ” であれば、つまり検索処理によって待機場所が見つけられていないければ、ステップ $S 1 5 1$ でプロセッサ $9 0$ は再検索処理を実行する。この再検索処理については、図 2 4 のフロー図を用いて詳細に説明するため、ここでの詳細な説明は省略する。なお、ステップ $S 1 5 1$ の処理を実行するプロセッサ $9 0$ は再検索手段

50

として機能する。続いて、ステップS 153でプロセッサ90は、移動先が見つかったかを判断する。つまり、プロセッサ90は、再検索処理によって移動先が見つかったかを判断する。ステップS 153で“YES”であれば、つまり再検索によって待機場所が見つめられると、プロセッサ90は、ステップS 155で移動先をユーザに伝え、ステップS 149で待機場所へ移動する。たとえば、ロボット14は「あの柱の向こうにいるよ」と音声メッセージを出力した後、検索された待機場所へ移動する。なお、ステップS 155の処理を実行するプロセッサ90は伝達手段として機能する。

【0127】

また、ステップS 153で“NO”であれば、再検索によって待機場所を見つけられなければ、プロセッサ90は、ステップS 157で初期位置Hへ移動することをユーザに伝え、ステップS 159で初期位置へ移動する。たとえば、ロボット14は「人が多いから最初の所で待ってるね」と音声メッセージを出力した後、初期位置Hへ移動する。そして、ステップS 159の処理が終了すれば、検索制御処理は終了する。

10

【0128】

図23は検索処理のフロー図である。検索制御処理でステップS 145の処理が実行されると、ステップS 171でプロセッサ90は、邪魔度閾値を最小値に設定する。たとえば、本実施例では邪魔度閾値として「0.1」が設定される。また、他の実施例では、「0」であってもよいし、全てのグリッドから最小値の邪魔度を特定し、特定された邪魔度が邪魔度閾値として設定されてもよい。続いて、ステップS 173でプロセッサ90は、距離閾値を最大値に設定する。後述するループ処理で、検索された待機場所をより近い待機場所に更新するために、距離閾値に最大値が設定される。なお、距離閾値に設定される最大値は、ロボット14のプロセッサ90が扱うことができる最も大きな値であってもよいし、空間において考えられる最大距離（たとえば、空間の対角線の距離）であってもよい。続いて、ステップS 175でプロセッサ90は、待機場所にnullを設定する。つまり、待機場所が見つからないことを示すために待機場所にnullが設定される。続いて、ステップS 177でプロセッサ90は、変数gを初期化する。つまり、任意のグリッドを指定するために、変数gが初期化される。

20

【0129】

続いて、ステップS 179でプロセッサ90は、グリッドgの邪魔度が邪魔度閾値より小さいか否かを判断する。つまり、変数gで指定されたグリッドが待機場所として適切かが判断される。ステップS 179で“NO”であれば、つまりグリッドgの邪魔度が邪魔度閾値より大きければ、ステップS 189に進む。一方、ステップS 179で“YES”であれば、つまりグリッドgの邪魔度が邪魔度閾値より小さければ、ステップS 181でプロセッサ90は、現在位置とグリッドgとの間に障害物があるか否かを判断する。つまり、現在位置からグリッドgの位置を見通すことが可能であるかを判断する。ステップS 181で“YES”であれば、つまり現在位置からグリッドgの位置を見通すことが出来なければ、ステップS 189に進む。一方、ステップS 181で“NO”であれば、つまり現在位置からグリッドgの位置を見通すことが出来れば、ステップS 183でプロセッサ90は、現在位置とグリッドgとの距離が距離閾値より小さいか否かを判断する。ステップS 183で“NO”であれば、つまり現在位置とグリッドgとの距離が距離閾値より大きければ、ステップS 189に進む。

30

40

【0130】

また、ステップS 183で“YES”であれば、つまり現在位置とグリッドgとの距離が距離閾値より小さければ、ステップS 185でプロセッサ90は、現在位置とグリッドgとの距離を距離閾値に設定する。つまり、より近い待機場所を検索するために距離閾値が現在位置とグリッドgとの距離に変更される。なお、初期状態の距離閾値は最大値であるため、最初にステップS 183が実行された場合は必ず“YES”と判断され、距離閾値が更新される。続いて、ステップS 187でプロセッサ90は、待機場所としてグリッドgを設定する。つまり、変数gで指定されるグリッドは待機場所として適切であるため、グリッドgの座標が待機場所として記憶される。

50

【 0 1 3 1 】

続いて、ステップ S 1 8 9 でプロセッサ 9 0 は、変数 g をインクリメントする。つまり次のグリッドを指定するために、変数 g がインクリメントされる。

【 0 1 3 2 】

続いて、ステップ S 1 9 1 でプロセッサ 9 0 は、全てのグリッドに対して判定したか否かを判断する。つまり、全てのグリッドに対して、待機場所として適切であるかの判定を行ったかが判断される。具体的には、プロセッサ 9 0 は変数 g がグリッドの総数と一致したかを判断する。ステップ S 1 9 1 で“ N O ”であれば、つまり全てのグリッドに対して判定がされていなければ、ステップ S 1 7 9 に戻る。

【 0 1 3 3 】

続いて、ステップ S 1 9 1 で“ Y E S ”であれば、つまり全てのグリッドに対して判定がされていれば、ステップ S 1 9 3 でプロセッサ 9 0 は、待機場所は `null` か否かを判断する。つまり、待機場所が見つかっていない状態であるかが判断される。ステップ S 1 9 3 で“ N O ”であれば、つまり待機場所が検索されていれば、検索処理を終了して、検索制御処理に戻る。

【 0 1 3 4 】

また、ステップ S 1 9 3 で“ Y E S ”であれば、つまり待機場所が検索されていなければ、ステップ S 1 9 5 でプロセッサ 9 0 は、邪魔度閾値を大きくする。つまり、現在条件では待機場所を見つけることが出来ないため、待機場所の検索条件を緩和するために邪魔度閾値が数 3 に示す数式に基づいて大きくされる。

【 0 1 3 5 】

[数 3]

邪魔度閾値 = 邪魔度閾値 + 補正值 t_h

たとえば、邪魔度閾値が「 0 . 1 」であり、補正值 t_h が「 0 . 1 」であれば、邪魔度閾値は「 0 . 2 」となる。

【 0 1 3 6 】

続いて、ステップ S 1 9 7 でプロセッサ 9 0 は、邪魔度閾値は判定閾値よりも大きいかが否かを判断する。たとえば、待機場所として許容できる邪魔度が「 0 . 5 」までである場合、判定閾値は「 0 . 5 」とされる。そして、ステップ S 1 9 7 では、変更された邪魔度閾値がこの判定閾値よりも大きいかが判断される。ステップ S 1 9 7 で“ N O ”であれば、つまり邪魔度閾値が判定閾値よりも小さければ、ステップ S 1 7 7 に戻る。一方、ステップ S 1 9 7 で“ Y E S ”であれば、つまり邪魔度閾値が判定閾値よりも大きければ、検索処理を終了して、検索制御処理に戻る。

【 0 1 3 7 】

図 2 4 は再検索処理のフロー図である。再検索制御処理でステップ S 1 5 1 の処理が実行されると、プロセッサ 9 0 はステップ S 2 1 1 以降の処理を実行する。この再検索処理のステップ S 2 1 1 - S 2 1 9 は検索処理のステップ S 1 7 1 - S 1 7 9 と略同じであり、ステップ S 2 2 1 - S 2 3 5 は検索処理のステップ S 1 8 3 - S 1 9 7 と略同じである。つまり、再検索処理には、現在位置からグリッド g の位置を見通すことが可能であるかを判断するステップ S 1 8 1 に相当する処理が含まれていない。したがって、再検索処理では、現在位置から見通すことが出来ない場所も含めて待機場所を検索することが可能となる。

【 0 1 3 8 】

なお、他の実施例では、検索処理（再検索処理）では、ステップ S 1 8 9 の後に、検索された待機場所がロボット 1 4 から一定の距離以内であるかを判断するステップを追加し、追加ステップで“ Y E S ”と判断されたときに、検索処理が終了するようにしてもよい。この場合、ロボット 1 4 から一定距離（たとえば、1メートル）以内に待機場所が検索されていれば、他のグリッドを判定せずに検索処理は終了する。そのため、検索処理（再検索処理）の処理時間を短縮することが出来る。

【 0 1 3 9 】

10

20

30

40

50

その他の実施例では、待機場所として邪魔度を優先して検索をするようにしているが、ロボット14から待機場所までの距離を優先して検索するようにしてもよい。たとえば、ロボット14の近くに邪魔度が「0.4」の待機場所があり、ロボット14から離れた場所に邪魔度が「0.3」の待機場所がある場合、上述の実施例では、ロボット14から離れた待機場所が選択される。これに対してその他の実施例では、ロボット14から近い待機場所が選択されるようになる。この場合、ロボット14の移動距離が短くなるため、ユーザは買い物から戻ったときにロボット14を見つけやすくなる。

【0140】

さらにその他の実施例では、図17-24に示す処理を中央制御装置が実行するようにしてもよい。また、図18-24に示す処理をロボット14が実行するようにしてもよい。

10

【0141】

また、本実施例のロボット制御システム100は、ショッピングモールだけでなく、病院およびイベント会場などで利用されてもよい。たとえば、病院の場合は「薬局」や「受け付け」等が本実施例の「店舗（施設）」に相当し、イベント会場の場合は「ブース」、「特設会場」等が本実施例の「店舗（施設）」に相当する。

【0142】

また、本実施例では、閾値に対して「より大きい」または「より小さい」との言葉を用いたが、「閾値より大きい」という表現には「閾値以上」の意味も含まれ、「閾値より小さい」という表現には「閾値以下」および「閾値未満」の意味が含まれる。

20

【0143】

また、本実施例で説明した複数のプログラムは、データ配信用のサーバのHDDに記憶され、ネットワークを介して本実施例と同等の構成のシステムに配信されてもよい。また、CD、DVD、BD (Blu-ray Disc)などの光学ディスク、USBメモリおよびメモリカードなどの記憶媒体にこれらのプログラムを記憶させた状態で、その記憶媒体が販売または配布されてもよい。そして、上記したサーバや記憶媒体などを通じてダウンロードされた、上記複数のプログラムが、本実施例と同等の構成のシステムに適用された場合、本実施例と同等の効果が得られる。

【0144】

そして、本明細書中で挙げた、具体的な数値は、いずれも単なる一例であり、製品の仕様変更などに応じて適宜変更可能である。

30

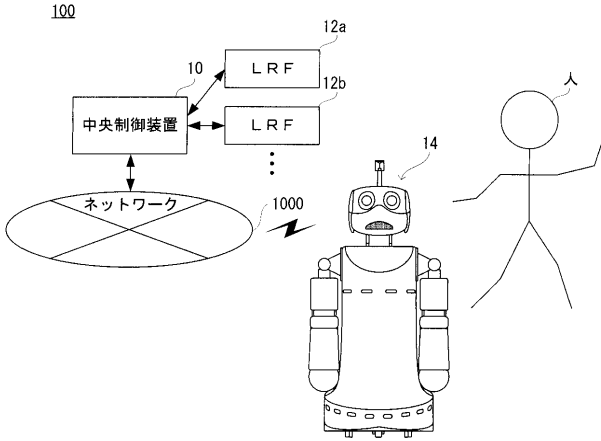
【符号の説明】

【0145】

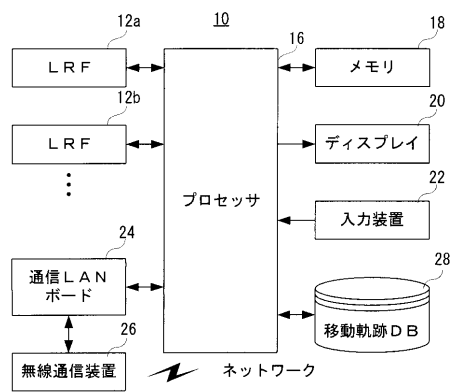
- 10 ... 中央制御装置
- 12 a , 12 b ... L R F
- 14 ... ロボット
- 16 ... プロセッサ
- 18 ... メモリ
- 28 ... 移動軌跡 D B
- 90 ... プロセッサ
- 94 ... メモリ
- 100 ... ロボット制御システム

40

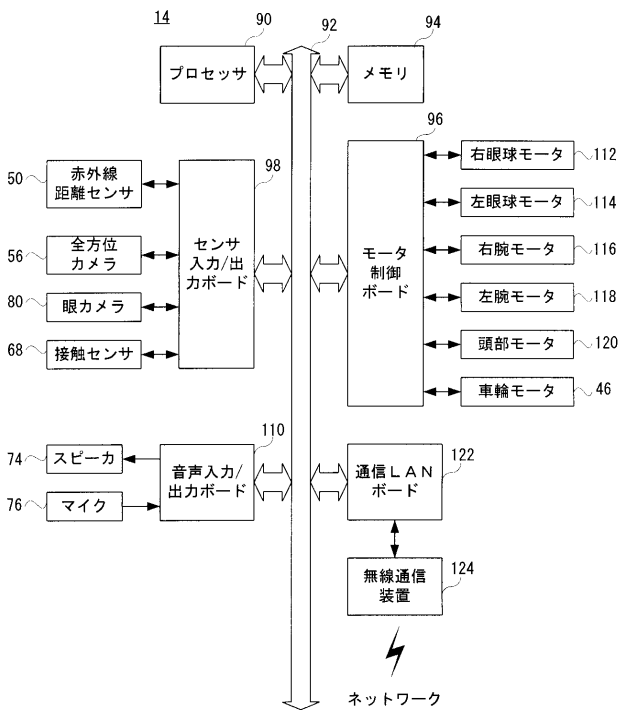
【図1】



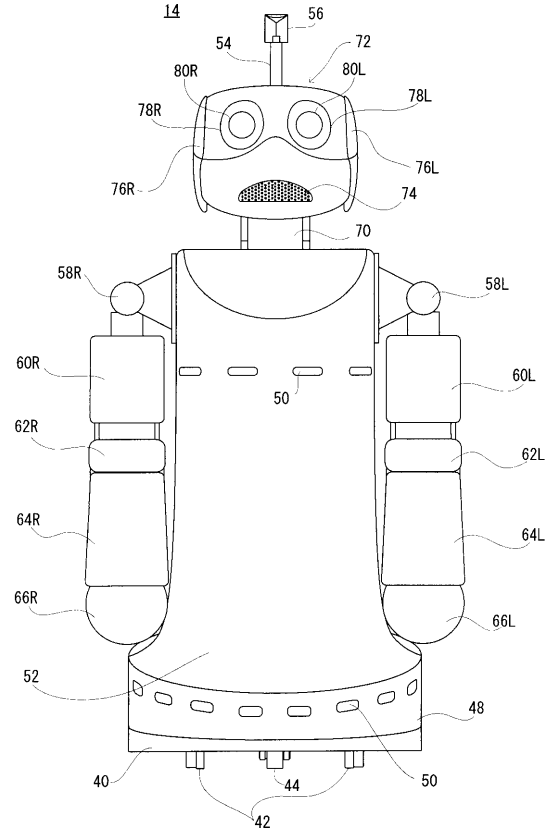
【図2】



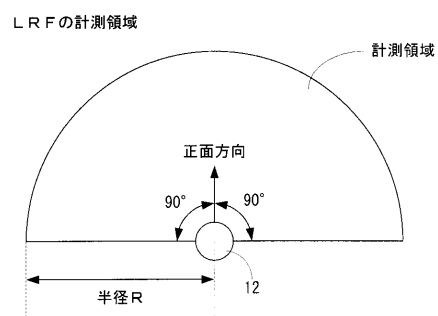
【図4】



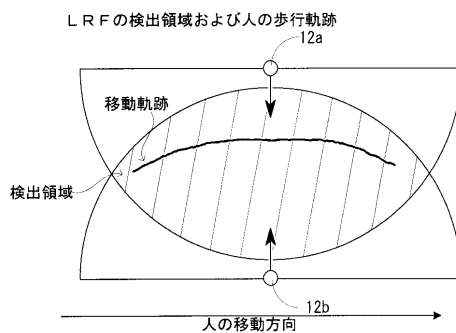
【図3】



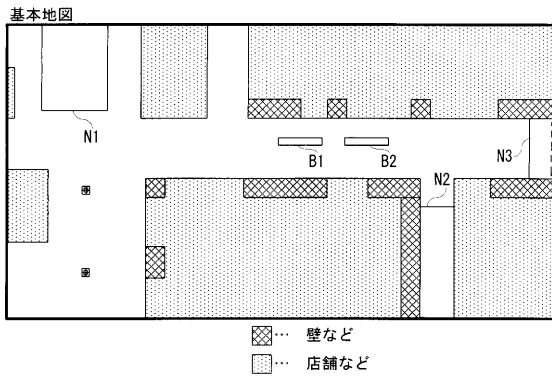
【図5】



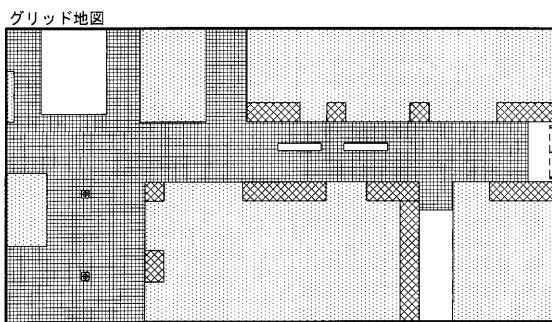
【図6】



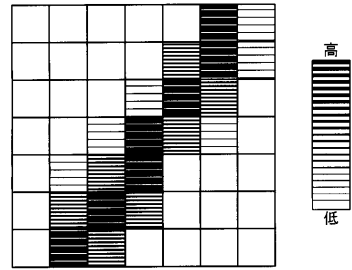
【 図 7 】



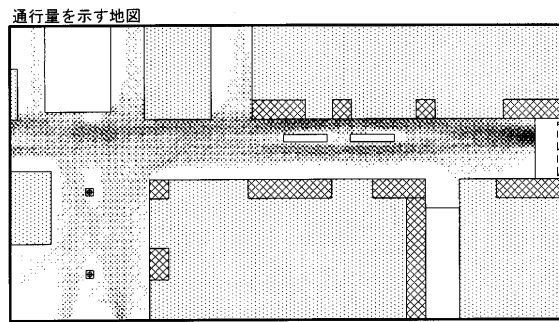
【 図 8 】



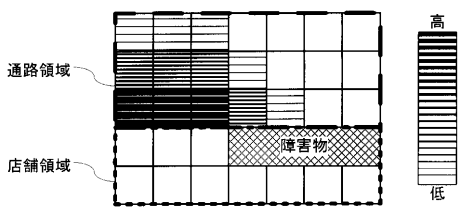
【 図 9 】



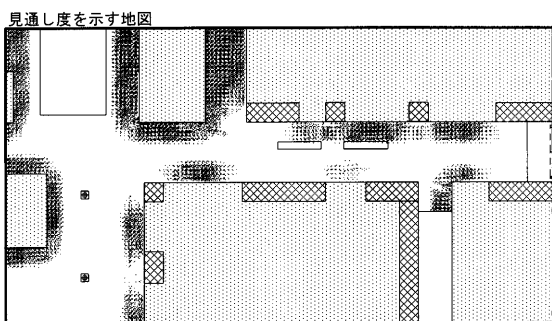
【 図 10 】



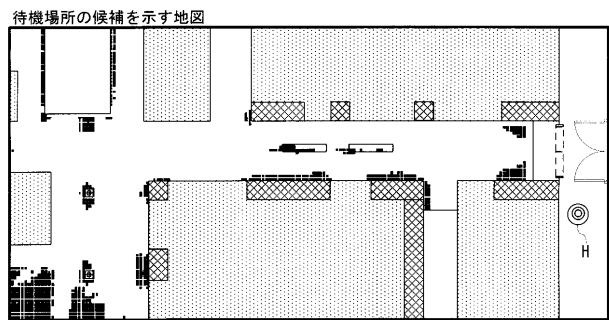
【 図 11 】



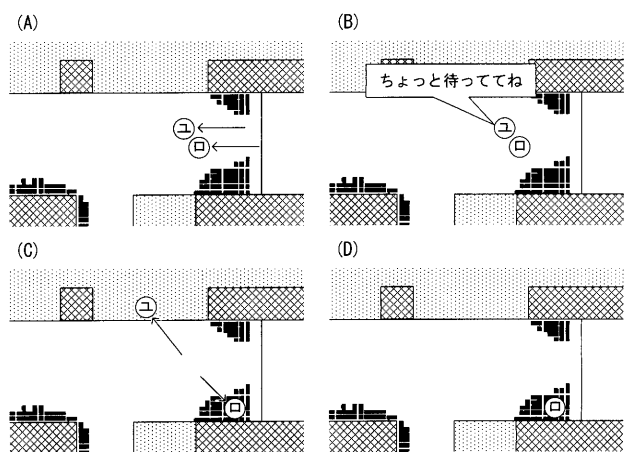
【 図 12 】



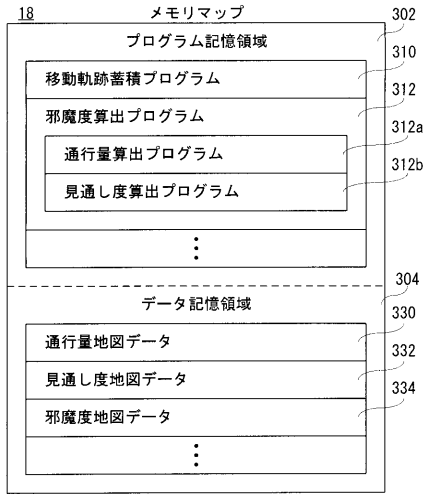
【 図 13 】



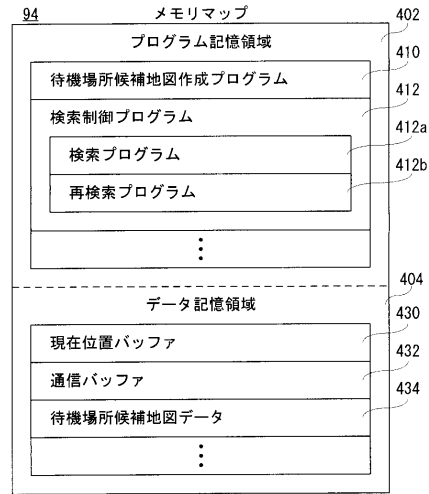
【 図 14 】



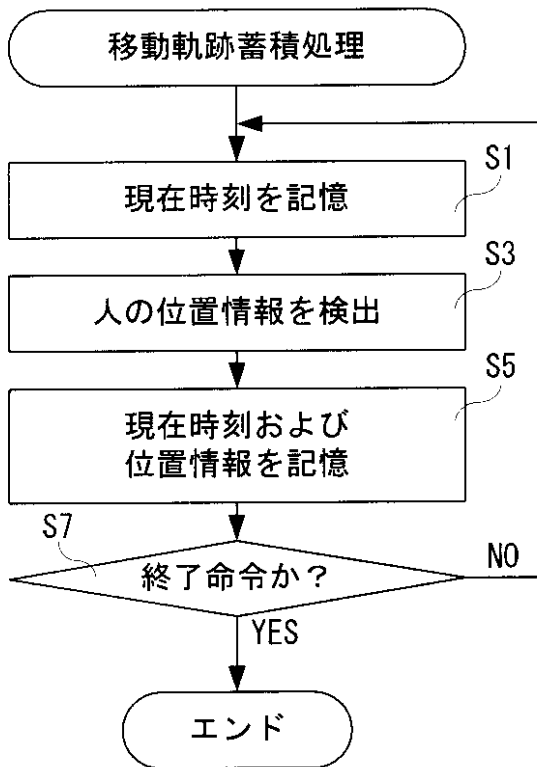
【図 15】



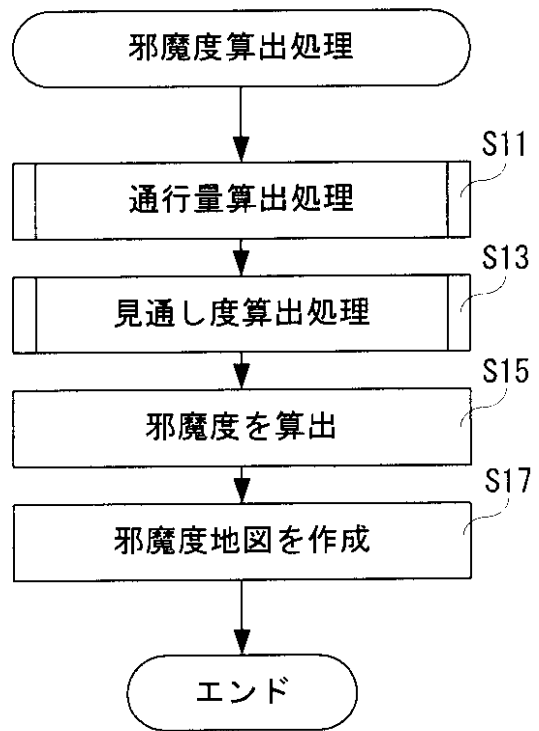
【図 16】



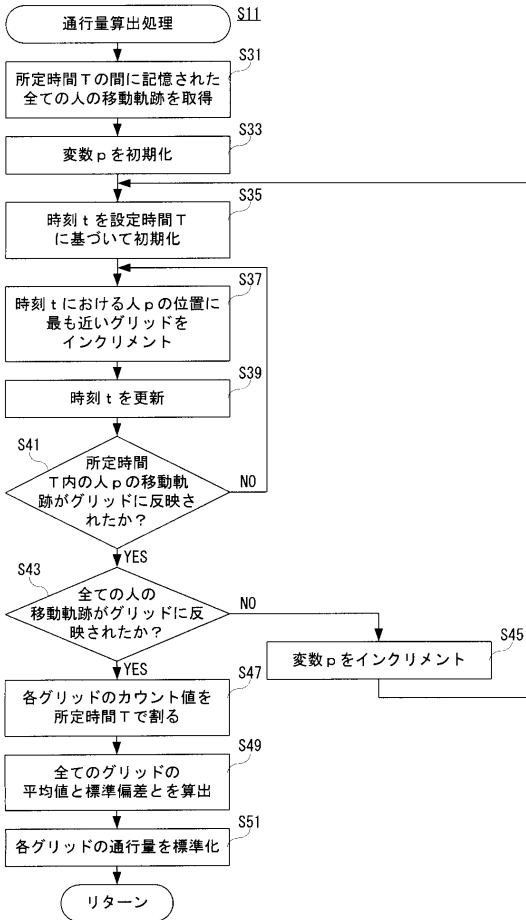
【図 17】



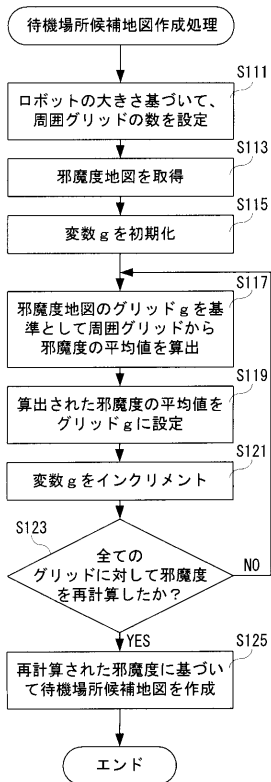
【図 18】



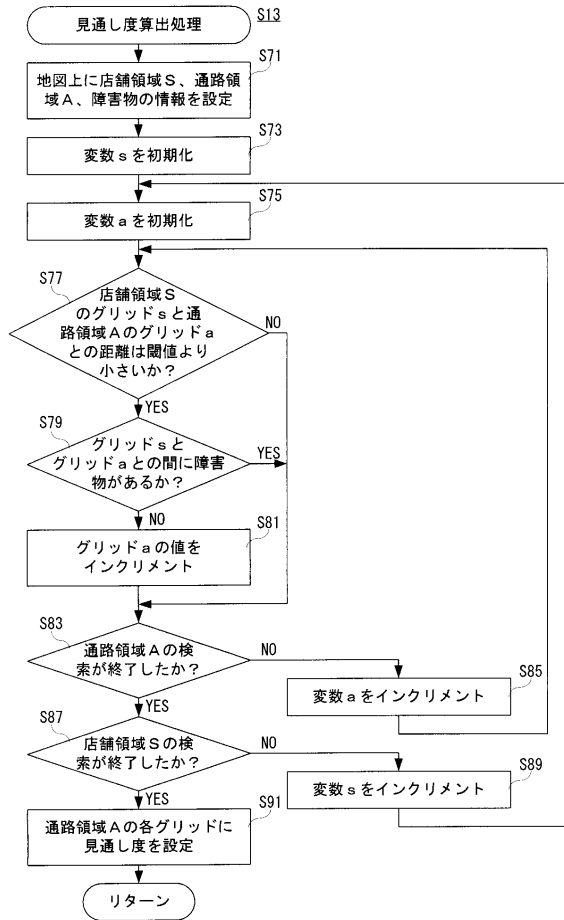
【図 19】



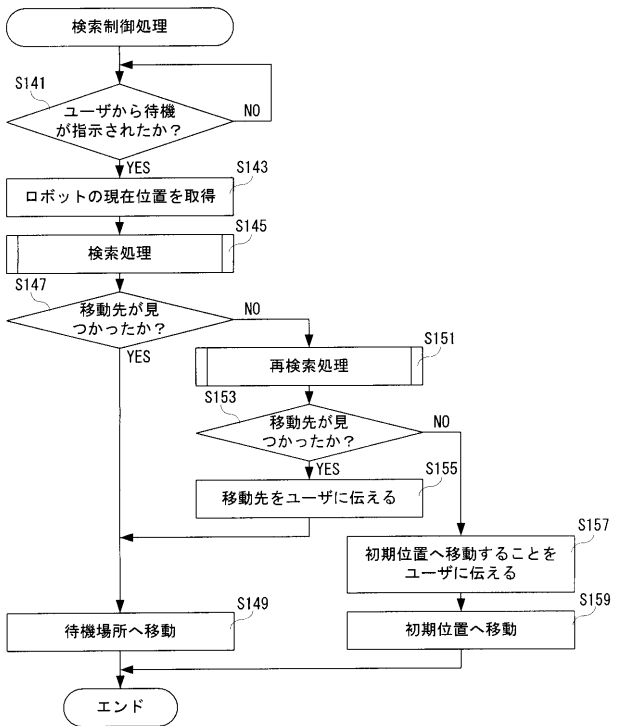
【図 21】



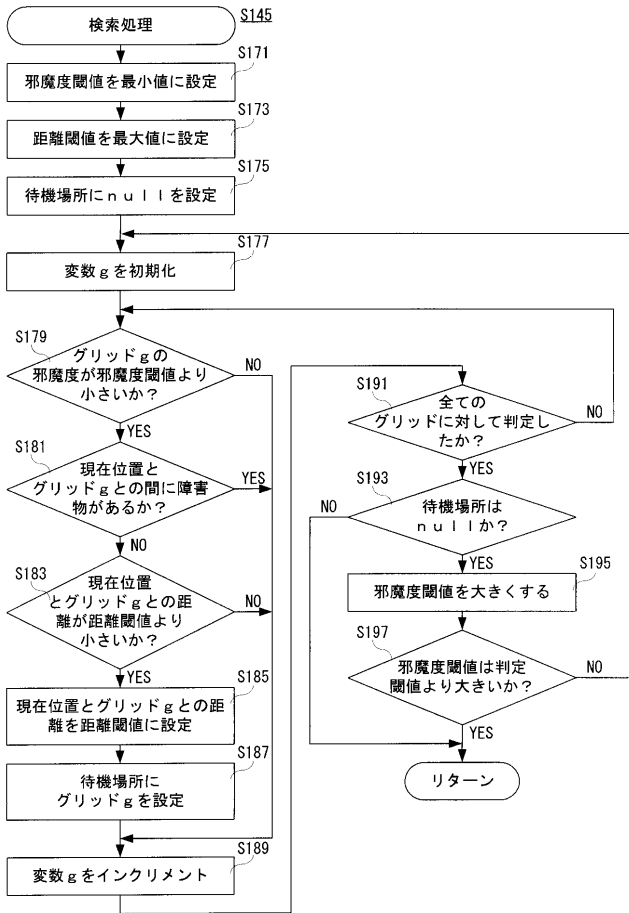
【図 20】



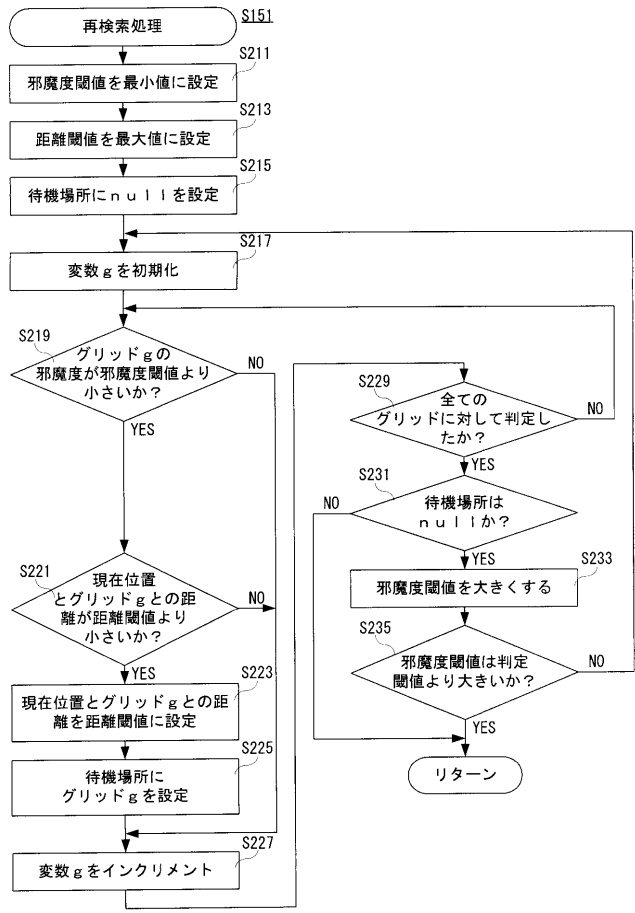
【図 22】



【図 2 3】



【図 2 4】



フロントページの続き

(72)発明者 今井 倫太

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

Fターム(参考) 3C707 AS34 CS08 JS03 KS11 KS12 KT02 KT04 KT06 LS15 LV14

WA03 WA16

5H301 AA01 AA10 BB14 DD15 GG06 GG08 GG09