

明 細 書

発明の名称：

ロボットシステム、判断システム、判断方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は一般にロボットシステム、判断システム、判断方法及びプログラムに関する。本開示は、より詳細には、ロボットの移動ルートの決定に関する判断を行うロボットシステム、判断システム、判断方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1に記載の自律走行装置（ロボット）は、走行手段と、複数の障害物検知手段と、移動制御手段とを備える。複数の障害物検知手段は、本体の前進方向に対して障害物が左右のどちら側にあるか判別し障害物までの離間距離を測定する。移動制御手段は、複数の障害物検知手段の検知出力に基づいて走行手段を制御し本体を移動させる。自律走行装置は、障害物検知手段で検知する障害物までの検知距離が接近限界距離以下になると停止制御する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-169802号公報

発明の概要

[0004] 本開示は、ロボットが通行不可能な状況を簡素な処理により判断できるロボットシステム、判断システム、判断方法及びプログラムを提供することを目的とする。

[0005] 本開示の一態様に係るロボットシステムは、施設において自律移動するロボットの移動ルートの決定に関する判断を行う。前記ロボットシステムは、前記ロボットと、測位部と、判断部と、通信部と、を備える。前記測位部は、前記施設に設置された測位システムで生成された情報に基づいて、所定の

エリアに存在し前記ロボットの通行の妨げとなる 1 以上の物体の位置情報を生成する。前記判断部は、前記ロボットによる前記所定のエリアの通行の可否を判断する。前記通信部は、前記判断部の判断結果を含む通信信号を前記ロボットに送信する。前記判断部は、第 1 判断処理を行う。前記第 1 判断処理では、前記 1 以上の物体の前記位置情報に基づいて、前記所定のエリアにおける前記 1 以上の物体の占有率を求め、前記 1 以上の物体の前記占有率が閾値以上であれば前記ロボットによる前記所定のエリアの通行は不可能であると判断する。

[0006] 本開示の一態様に係る判断システムは、施設において自律移動するロボットの移動ルートの決定に関する判断を行う。前記判断システムは、取得部と、判断部と、通信部と、を備える。前記取得部は、所定のエリアに存在し前記ロボットの通行の妨げとなる 1 以上の物体の位置情報を取得する。前記位置情報は、前記施設に設置された測位システムで生成された情報に基づく位置情報である。前記判断部は、前記ロボットによる前記所定のエリアの通行の可否を判断する。前記通信部は、前記判断部の判断結果を含む通信信号を前記ロボットに送信する。前記判断部は、第 1 判断処理を行う。前記第 1 判断処理では、前記 1 以上の物体の前記位置情報に基づいて、前記所定のエリアにおける前記 1 以上の物体の占有率を求め、前記 1 以上の物体の前記占有率が閾値以上であれば前記ロボットによる前記所定のエリアの通行は不可能であると判断する。

[0007] 本開示の一態様に係る判断方法は、判断システムにより実行され、施設において自律移動するロボットの移動ルートの決定に関する判断を行う。前記判断方法は、取得ステップと、判断ステップと、通信ステップと、を有する。前記取得ステップでは、所定のエリアに存在し前記ロボットの通行の妨げとなる 1 以上の物体の位置情報を取得する。前記位置情報は、前記施設に設置された測位システムで生成された情報に基づく位置情報である。前記判断ステップでは、前記ロボットによる前記所定のエリアの通行の可否を判断する。前記通信ステップでは、前記判断ステップの判断結果を含む通信信号を

前記ロボットに送信する。前記判断ステップは、第1判断処理を含む。前記第1判断処理では、前記1以上の物体の前記位置情報に基づいて、前記所定のエリアにおける前記1以上の物体の占有率を求め、前記1以上の物体の前記占有率が閾値以上であれば前記ロボットによる前記所定のエリアの通行は不可能であると判断する。

[0008] 本開示の一態様に係るプログラムは、前記判断方法を、コンピュータシステムの1以上のプロセッサに実行させるためのプログラムである。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、一実施形態に係るロボットシステムのブロック図である。

[図2]図2は、同上のロボットシステムの動作例を示すフローチャートである。

[図3]図3は、同上のロボットシステムの使用例を示す平面図である。

[図4]図4は、同上のロボットシステムの別の使用例を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0010] (実施形態)

以下、実施形態に係るロボットシステム1、判断システム5、判断方法及びプログラムについて、図面を用いて説明する。ただし、下記の実施形態は、本開示の様々な実施形態の1つに過ぎない。下記の実施形態は、本開示の目的を達成できれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。また、下記の実施形態において説明する各図は、模式的な図であり、図中の各構成要素の大きさ及び厚さそれぞれの比が必ずしも実際の寸法比を反映しているとは限らない。

[0011] (概要)

本実施形態のロボット2（図1参照）は、施設6（図3、図4参照）において自律移動して、作業を行う。より詳細には、ロボット2は、判断システム5（図1参照）から通知された移動ルートに沿って自律移動する。作業は、例えば、清掃、設備点検、又は、警備等である。施設6は、例えば、住宅、店舗、オフィスビル、工場、倉庫、複合商業施設、図書館、美術館、博物

館、遊戯施設、テーマパーク、公園、空港、鉄道駅、球場、ホテル、及び病院等である。その他、施設6は、例えば、船舶及び鉄道車両等の移動体であってもよい。また、施設6は、屋内施設であってもよいし、屋外施設であってもよい。

[0012] ロボット2の台数は、1台であってもよいし、2台以上であってもよい。本実施形態では、1台のロボット2に着目して説明する。

[0013] 図1に示すロボットシステム1は、施設6において自律移動するロボット2の移動ルートの決定に関する判断を行う。ロボットシステム1は、ロボット2と、測位部511（第1測位部511とも呼ぶ。）と、判断部513と、通信部52と、を備える。測位部511は、施設6（図3参照）に設置された測位システムP1で生成された情報に基づいて、所定のエリアA1（図3参照）に存在しロボット2の通行の妨げとなる1以上の物体（例えば、図3の人H1、H2及び物資G1）の位置情報を生成する。測位システムP1は、例えば、複数のカメラ4を含む。判断部513は、ロボット2による所定のエリアA1の通行の可否を判断する。通信部52は、判断部513の判断結果を含む通信信号をロボット2に送信する。判断部513は、第1判断処理を行う。第1判断処理では、1以上の物体の位置情報に基づいて、所定のエリアA1における1以上の物体の占有率を求め、1以上の物体の占有率が閾値以上であればロボット2による所定のエリアA1の通行は不可能であると判断する。

[0014] 本実施形態によれば、判断部513は、占有率と閾値とを比較するという簡素な処理により、ロボット2の通行不可能な状況を判断できる。特に、ロボット2が備えるセンサ及びカメラ等での検知結果を用いてロボット2が周囲のローカルマップを作成し、ローカルマップに基づいてロボット2が通行不可能な状況を判断する場合と比較して、本実施形態では迅速な判断が可能となる。

[0015] また、本実施形態の判断システム5は、ロボットシステム1に含まれる。判断システム5は、施設6において自律移動するロボット2の移動ルートの

決定に関する判断を行う。判断システム5は、取得部514と、判断部513と、通信部52と、を備える。取得部514は、所定のエリアA1に存在しロボット2の通行の妨げとなる1以上の物体の位置情報を取得する。上記位置情報は、施設6に設置された測位システムP1で生成された情報に基づく位置情報である。判断部513は、ロボット2による所定のエリアA1の通行の可否を判断する。通信部52は、判断部513の判断結果を含む通信信号をロボット2に送信する。判断部513は、第1判断処理を行う。第1判断処理では、1以上の物体の位置情報に基づいて、所定のエリアA1における1以上の物体の占有率を求め、1以上の物体の占有率が閾値以上であればロボット2による所定のエリアA1の通行は不可能であると判断する。

[0016] 判断システム5と同様の機能は、判断方法にて具現化可能である。本実施形態の判断方法は、判断システム5により実行され、施設6において自律移動するロボット2の移動ルートの決定に関する判断を行う。判断方法は、取得ステップと、判断ステップと、通信ステップと、を有する。取得ステップでは、所定のエリアA1に存在しロボット2の通行の妨げとなる1以上の物体の位置情報を取得する。上記位置情報は、施設6に設置された測位システムP1で生成された情報に基づく位置情報である。判断ステップでは、ロボット2による所定のエリアA1の通行の可否を判断する。通信ステップでは、判断ステップの判断結果を含む通信信号をロボット2に送信する。判断ステップは、第1判断処理を含む。第1判断処理では、1以上の物体の位置情報に基づいて、所定のエリアA1における1以上の物体の占有率を求め、1以上の物体の占有率が閾値以上であればロボット2による所定のエリアA1の通行は不可能であると判断する。

[0017] また、判断方法は、プログラムにて具現化可能である。本実施形態のプログラムは、判断方法を、コンピュータシステムの1以上のプロセッサに実行させるためのプログラムである。プログラムは、コンピュータシステムで読み取り可能な非一時的記録媒体に記録されていてもよい。

[0018] (詳細)

(1) ロボットシステム

ロボットシステム1は、ロボット2と、判断システム5と、を備える。

[0019] (2) ロボット

図1に示すように、ロボット2は、処理部21と、通信部22と、記憶部23と、検知部24と、ビーコン25と、走行装置26と、電源部27と、を備える。

[0020] また、ロボット2は、1以上のプロセッサ及びメモリを有するコンピュータシステムを含んでいる。コンピュータシステムのメモリに記録されたプログラムを、コンピュータシステムのプロセッサが実行することにより、ロボット2の少なくとも一部の機能が実現される。プログラムは、メモリに記録されていてもよいし、インターネット等の電気通信回線を通して提供されてもよく、コンピュータシステムで読み取り可能な非一時的記録媒体（メモリカード等）に記録されて提供されてもよい。

[0021] 処理部21は、上記コンピュータシステムの1以上のプロセッサを含む。処理部21は、プログラムを実行することで、所定の機能を実現する。処理部21は、通信部22、記憶部23、検知部24、ビーコン25、走行装置26及び電源部27を制御する。

[0022] 通信部22は、通信インタフェース装置を含んでいる。ロボット2は、通信部22を介して、判断システム5と通信可能である。本開示でいう「通信可能」とは、有線通信又は無線通信の適宜の通信方式により、直接的、又はネットワーク若しくは中継器等を介して間接的に、信号を授受できることを意味する。特に、本実施形態のロボット2は、判断システム5との間で無線通信を行う。

[0023] 記憶部23は、ハードディスクドライブ（HDD）又はソリッドステートドライブ（SSD）等によって構成される記憶装置である。記憶部23は、情報を記憶する。例えば、記憶部23は、自機（ロボット2）の識別情報、及び、ロボット2が走行する施設6の地図情報（グローバルマップ）を記憶している。また、記憶部23は、判断システム5から取得したロボット2の

移動ルートを示す情報を記憶する。

- [0024] 検知部 24 は、周囲の状況を検知するための構成として、1 以上のセンサ、及び、カメラ等を含む。1 以上のセンサは、例えば、レーザ距離計（L i d a r (Light Detection and Ranging) 等）、赤外線センサ、及び、圧力センサ等のうち少なくとも 1 つである。カメラは、例えば、可視光カメラ、又は、赤外線カメラである。
- [0025] ビーコン 25 は、ビーコン信号を発信する。ビーコン 25 は、例えば、一定の周期ごとにビーコン信号を発信する。ビーコン信号は、ビーコン信号の発信源のロボット 2 の識別情報を含む。
- [0026] 走行装置 26 は、ロボット 2 を走行させるための構成として、例えば、モータと、駆動輪と、を含む。モータが駆動輪を回転させることで、ロボット 2 が地上を走行する。
- [0027] 電源部 27 は、ロボット 2 の動作に必要な電力を供給する。電源部 27 は、例えば、バッテリーを含む。
- [0028] ロボット 2 は、本体 20（図 3 参照）を更に備える。本体 20 は、ロボット 2 のうち本体 20 以外の構成を収容又は保持している。
- [0029] ロボット 2 は、基本的に、判断システム 5 により決定された移動ルートに従って移動する。判断システム 5 により決定された移動ルートは、施設 6 のグローバルマップ上に設定された移動ルートである。グローバルマップは、移動不可能な構成の位置及び形状の情報を含む。例えば、グローバルマップは、施設 6 の構造情報を含む。施設 6 の構造情報は、例えば、施設 6 の躯体（例えば、図 3、図 4 の壁 61、61、62、62）の位置及び形状の情報を含む。
- [0030] また、ロボット 2 の処理部 21 は、検知部 24 の検知結果に基づいて、施設 6 のローカルマップを作成する。ロボット 2 は、ローカルマップに更に基づいて移動する。ローカルマップは、ロボット 2 の周囲に存在する物体（人または物資等）の、ロボット 2 に対する相対位置に関する情報を含む。したがって、ロボット 2 は、ローカルマップを参照することで、判断システム 5

により決定された移動ルートに存在する物体を避けて移動することができる。

[0031] (3) スキャナ

施設6（図3参照）には、複数のスキャナ3が設置される。複数のスキャナ3は、例えば、施設6の壁又は天井に設置される。複数のスキャナ3は、所定のエリアA1の付近に限らず、様々な場所に設置される。

[0032] 各スキャナ3は、ロボット2のビーコン25から発信されたビーコン信号を受信する。また、各スキャナ3は、受信したビーコン信号の受信信号強度（RSSI：Received Signal Strength Indicator）を測定する。

[0033] 各スキャナ3は、受信したビーコン信号の受信信号強度の情報と、ビーコン信号に含まれる識別情報（つまり、ビーコン信号の発信源のロボット2の識別情報）と、自機（スキャナ3）の識別情報と、を含む信号を、判断システム5へ送信する。

[0034] 本実施形態では、複数のスキャナ3はロボットシステム1の構成要素ではない。ただし、複数のスキャナ3がロボットシステム1の構成要素であってもよい。

[0035] (4) カメラ

施設6（図3参照）には、複数のカメラ4が設置される。複数のカメラ4は、例えば、施設6の壁又は天井に設置される。複数のカメラ4は、周囲を撮影して、画像情報を生成する。複数のカメラ4は、画像情報を判断システム5へ送信する。

[0036] カメラ4は、可視光カメラであってもよいし、可視光カメラ以外のカメラ、例えば、赤外線カメラであってもよい。

[0037] 施設6のうち少なくとも一部のエリアについて、判断システム5によりロボット2の通行の可否が判断される。より詳細には、施設6は予め定義された1又は複数の所定のエリアA1を含み、ロボット2がいずれかの所定のエリアA1に近づいたとき、判断システム5はロボット2が当該所定のエリアA1を通行することの可否を判断する。このように、判断システム5（の判

断部 5 1 3) は、ロボット 2 の位置情報に基づいて、ロボット 2 の通行の可否を判断する対象の所定のエリア A 1 を決定する。

[0038] そして、複数のカメラ 4 は、少なくとも上記 1 又は複数の所定のエリア A 1 を撮影する位置に設置される。もちろん、施設 6 のうち、上記 1 又は複数の所定のエリア A 1 を撮影する位置以外の位置にもカメラ 4 が設置されていてもよい。

[0039] 本実施形態では、複数のカメラ 4 はロボットシステム 1 の構成要素ではない。ただし、複数のカメラ 4 がロボットシステム 1 の構成要素であってもよい。

[0040] (5) 判断システム

図 1 に示すように、判断システム 5 は、処理部 5 1 と、通信部 5 2 と、記憶部 5 3 と、を備える。

[0041] また、判断システム 5 は、1 以上のプロセッサ及びメモリを有するコンピュータシステムを含んでいる。コンピュータシステムのメモリに記録されたプログラムを、コンピュータシステムのプロセッサが実行することにより、判断システム 5 の少なくとも一部の機能が実現される。プログラムは、メモリに記録されていてもよいし、インターネット等の電気通信回線を通して提供されてもよく、コンピュータシステムで読み取り可能な非一時的記録媒体（メモリカード等）に記録されて提供されてもよい。

[0042] 処理部 5 1 は、上記コンピュータシステムの 1 以上のプロセッサを含む。処理部 5 1 は、プログラムを実行することで、所定の機能を実現する。処理部 5 1 は、通信部 5 2 及び記憶部 5 3 を制御する。

[0043] また、処理部 5 1 は、第 1 測位部 5 1 1 と、第 2 測位部 5 1 2 と、判断部 5 1 3 と、取得部 5 1 4 と、を有する。なお、これらは、処理部 5 1 によって実現される機能を示しているに過ぎず、必ずしも実体のある構成を示しているわけではない。

[0044] 通信部 5 2 は、通信インタフェース装置を含んでいる。判断システム 5 は、通信部 5 2 を介して、ロボット 2、複数のスキャナ 3 及び複数のカメラ 4

と通信可能である。

- [0045] 記憶部53は、ハードディスクドライブ（HDD）又はソリッドステートドライブ（SSD）等によって構成される記憶装置である。記憶部53は、情報を記憶する。例えば、記憶部53は、複数のスキャナ3及び複数のカメラ4の各々の位置情報と、ロボット2、複数のスキャナ3及び複数のカメラ4の各々の識別情報と、ロボット2が走行する施設6の地図情報（グローバルマップ）と、を記憶している。また、記憶部53は、1又は複数の所定のエリアA1を定義する情報を記憶している。1又は複数の所定のエリアA1は、例えば、ユーザにより設定される。
- [0046] 第1測位部511は、複数のカメラ4で生成された画像情報に基づいて、所定のエリアA1に存在しロボット2の通行の妨げとなる1以上の物体（例えば、図3の人H1、H2及び物資G1）の位置情報を生成する。つまり、第1測位部511は、複数のカメラ4の各々の位置情報と、画像情報における物体の位置と、に基づいて、物体の位置情報を算出する。
- [0047] 第1測位部511により生成される位置情報は、リアルタイムの位置情報である。
- [0048] 上記1以上の物体は、記憶部53に記憶された施設6の地図情報（グローバルマップ）にその情報が含まれない物体である。
- [0049] また、一例として、上記1以上の物体は、移動可能な物体（可動物体）である。自ら移動する物体だけではなく、人や機械によって運搬可能な物体も、「移動可能な物体」に該当する。
- [0050] 上述の通り、複数のスキャナ3の各々は、ビーコン信号の受信信号強度の情報と、発信源のロボット2の識別情報と、自機（スキャナ3）の識別情報と、を含む信号を、判断システム5へ送信する。判断システム5は、当該信号を受信する。第2測位部512は、複数のスキャナ3のうち3つ以上のスキャナ3で測定された受信信号強度に基づいて、発信源のロボット2と、上記3つ以上のスキャナ3の各々と、の間の距離を求める。さらに、第2測位部512は、上記距離を用いて、3点測位により、ロボット2の位置情報を

算出する。つまり、第2測位部512は、上記3つ以上のスキャナ3の各々の位置情報と、上記距離とに基づいて、ロボット2の位置情報を生成する。

[0051] 第2測位部512により生成される位置情報は、リアルタイムの位置情報である。

[0052] 判断部513は、第1判断処理、第2判断処理及び第3判断処理を行うことにより、ロボット2による所定のエリアA1の通行の可否を判断する。詳しくは、後述する。

[0053] 取得部514は、第1測位部511から、1以上の物体（例えば、図3の人H1、H2及び物資G1）の位置情報を取得する。

[0054] (6) 施設

図3、図4に、ロボット2が走行する施設6の構造の一例を示す。施設6は、壁61、61、62、62を含む。壁61、61は互いに対向している。壁62、62は、部屋R1と部屋R2との境界に設けられている。平面視において、壁62、62はそれぞれ、壁61、61から突出している。平面視とは、ロボット2の走行面と垂直な方向（上）から見ることを指す。

[0055] 壁62、62の間には、開口部600が存在する。開口部600は、部屋R1、R2の出入口である。ロボット2は、開口部600を通して部屋R1と部屋R2とを行き来することができる。なお、開口部600には自動ドア等が設置されていてもよい。

[0056] 図3、図4に示す例では、部屋R1のうち開口部600の手前に、所定のエリアA1が定義されている。所定のエリアA1の境界は、壁61、61、62、62の近傍に存在する。以下では、このような所定のエリアA1をロボット2が通行することの可否を判断するプロセスの一例について説明する。

[0057] (7) 通行可否の判断

ロボット2は、予め設定された移動ルート（以下、第1移動ルートと呼ぶ。）に従って、施設6を自律移動する。第1移動ルートが、所定のエリアA1の少なくとも一部と重なっている場合は、ロボット2は所定のエリアA1

を通行することになる。

[0058] 第2測位部512は、ロボット2の位置情報を生成する。判断部513は、この位置情報に基づいて、ロボット2が開口部600（出入口）付近に到達したと判断すると（図2のステップST1：Yes）、所定のエリアA1をロボット2が通行することの可否の判断を開始する。より詳細には、判断部513は、開口部600付近に設定された所定のエリアA1の付近にロボット2が到達したと判断すると、所定のエリアA1をロボット2が通行することの可否の判断を開始する。

[0059] 判断部513は、所定のエリアA1における1以上の物体の占有率を求める。ここで、占有率は、所定のエリアA1における1以上の物体の個数である。よって、 $\text{占有率} = (\text{所定のエリアA1における1以上の物体の占める面積}) / (\text{所定のエリアの面積})$ である場合と比較して、占有率を容易に、かつ、迅速に求めることができる。

[0060] 例えば、判断部513は、画像処理を行い、複数のカメラ4で生成された画像情報における輪郭線を抽出する。判断部513は、輪郭線に基づいて、所定のエリアA1における1以上の物体の個数を求める。輪郭線を抽出するアルゴリズムとしては、例えば、ソーベル法又はガウスのラプラシアン法等の周知のアルゴリズムを採用すればよい。

[0061] 図3、図4に示す例では、所定のエリアA1に3つの物体（人H1、H2、及び、物資G1）が存在する。よって、占有率=3である。

[0062] もし、占有率=0の場合は、図2のステップST2の判定結果は“Yes”であり、判断システム5の通信部52は、ロボット2に所定のエリアA1の通行を指示する指示信号を送信する（ステップST3）。ロボット2は、指示信号を受信すると、所定のエリアA1を通行する。より詳細には、ロボット2は、予め設定された第1移動ルートに従って、所定のエリアA1を通行する。

[0063] 占有率=0ではない場合は、図2のステップST2の判定結果は“No”であり、処理はステップST4に進む。ステップST4では、判断部513

は、占有率が閾値以上であるか否かを判断する。閾値は、2以上の値であることが好ましい。本実施形態では、閾値は4である。所定のエリアA1の大きさの情報は、記憶部53に記憶された、施設6の地図情報に含まれている。

[0064] 閾値は、定数であってもよいが、所定のエリアA1の大きさが大きいほど、閾値が大きい値に決定されてもよい。また、ロボット2の大きさが小さいほど、閾値が大きい値に決定されてもよい。

[0065] 図3、図4に示す例では、占有率=3であるから、占有率は閾値未満である。よって、ステップST4の判定結果は“N o”であり、処理はステップST5に進む。ステップST5では、判断部513は、所定のエリアA1における2以上の物体の位置情報に基づいて、境界ボックスB1（図3、図4参照）を求める。その後、ステップST6では、判断部513は、第2判断処理を行う。

[0066] 境界ボックスB1は、2以上の物体を囲む平面視長方形の空間である。2以上の物体は、図3、図4では3つの物体である。境界ボックスB1は、仮想的な空間であって、実空間上に、境界ボックスB1の位置を示す目印等は存在しない。

[0067] ここで、ロボット2の走行面上に、互いに直交するX軸とY軸とを定義し、N個の物体のX座標及びY座標をそれぞれ、 (X_1, Y_1) 、 (X_2, Y_2) 、……、 (X_N, Y_N) とする。境界ボックスB1の4つの頂点は、 (X_{max}, Y_{max}) 、 (X_{max}, Y_{min}) 、 (X_{min}, Y_{max}) 、 (X_{min}, Y_{min}) である。 X_{max} は X_1 、 X_2 、……、 X_N のうち最大の数、 Y_{max} は Y_1 、 Y_2 、……、 Y_N のうち最大の数である。 X_{min} は X_1 、 X_2 、……、 X_N のうち最小の数、 Y_{min} は Y_1 、 Y_2 、……、 Y_N のうち最小の数である。

[0068] ただし、4つの頂点が (X_{max}, Y_{max}) 、 (X_{max}, Y_{min}) 、 (X_{min}, Y_{max}) 、 (X_{min}, Y_{min}) である長方形を囲むような平面視長方形の空間を、境界ボックスB1としてもよい。例えば、 α を

正の定数として、境界ボックスB1の4つの頂点は、 $(X_{max} + \alpha, Y_{max} + \alpha)$ 、 $(X_{max} + \alpha, Y_{min} - \alpha)$ 、 $(X_{min} - \alpha, Y_{max} + \alpha)$ 、 $(X_{min} - \alpha, Y_{min} - \alpha)$ であってもよい。

[0069] また、判断部513は、境界ボックスB1の外の道幅を求める。境界ボックスB1の外の道幅は、より詳細には、境界ボックスB1と壁61、61、62、62との間の距離である。図3では、境界ボックスB1と壁61との間の距離W1、及び、境界ボックスB1と壁62との間の距離W2を図示している。図4では、境界ボックスB1と壁61との間の距離W3を図示している。

[0070] さらに、判断部513は、ロボット2の幅を示す情報を取得する。ここで、ロボット2の実際の幅を用いてもよいが、図3、図4に示すように、ロボット2の周囲に所定のスペースC1を定義して、このスペースC1の幅V1を、ロボット2の幅としてもよい。図3、図4ではスペースC1の形状は、ロボット2の形状に沿っている。ただし、スペースC1の形状はロボット2の形状に沿っていなくてもよく、例えば、長方形又は正方形であってもよい。

[0071] 判断部513は、境界ボックスB1の外の道幅（距離W1、W2）と、ロボット2の幅V1と、に基づいて、ロボット2が所定のエリアA1のうち境界ボックスB1の外を通行可能か否かを判断する。

[0072] 図3に示す例では、境界ボックスB1の外の道幅（距離W1、W2）は、ロボット2の幅V1以上である（ステップST6：Yes）。そのため、図3に2点鎖線及び網掛けで示すように、境界ボックスB1の外に、ロボット2が所定のエリアA1を通行するためのロボット2の移動ルート（以下、第2移動ルートと呼ぶ。）を設定可能である。この場合は、判断部513は、ロボット2による所定のエリアA1の通行が可能であると判断する（第2判断処理）。つまり、判断部513は、ロボット2が境界ボックスB1の外を通る第2移動ルートにて所定のエリアA1を通行可能であると判断する。判断システム5の通信部52は、ロボット2に境界ボックスB1の外の通行を

指示する指示信号を送信する（ステップS T 7）。指示信号は、第2移動ルート
の情報を含む。ロボット2は、指示信号を受信すると、第2移動ルート
に従って所定のエリアA 1を通行する。例えば、図3に2点鎖線及び網掛け
で示すように、境界ボックスB 1の外に第2移動ルートが設定される。

[0073] 一方で、図4に示す例では、境界ボックスB 1の外の道幅（距離W 3）は
、ロボット2の幅V 1よりも小さい（ステップS T 6：N o）。そのため、
境界ボックスB 1の外には、ロボット2が所定のエリアA 1を通行するため
のロボット2の移動ルートを設定することができない。この場合は、次に判
断部5 1 3は、ステップS T 8を行う。ステップS T 8は、第3判断処理に
相当する。第3判断処理は、境界ボックスB 1内を通る移動ルートにてロボ
ット2が所定のエリアA 1を通行可能か否かを判断する処理である。

[0074] 第3判断処理で決定される移動ルート（以下、第3移動ルートと呼ぶ。）
によれば、ロボット2は物体と物体との間を通ることも許容される。

[0075] 第3判断処理では、境界ボックスB 1におけるグローバルマップに基づい
て判断する。また、第3判断処理では、A*アルゴリズムにより判断する。さ
らに、第3判断処理では、所定のエリアA 1（図4参照）に存在しロボット
2の通行の妨げとなる1以上の物体（例えば、図4の人H 1、H 2及び物資
G 1）の位置情報に基づいて判断する。

[0076] A*アルゴリズムは、始点から目的地までの最短経路を探索するアルゴリ
ズムの一種である。グローバルマップは、施設6の躯体（例えば、図4の壁6
1、6 1、6 2、6 2）の位置及び形状の情報を含んでいる。第3判断処理
では、グローバルマップに、上記1以上の物体の位置情報を統合する。つま
り、第3判断処理では、グローバルマップ上での上記1以上の物体の位置を
算出する。そして、第3判断処理では、グローバルマップ上において上記1
以上の物体及び躯体等の障害物を避けながら所定のエリアA 1を通行する第
3移動ルートの有無を、A*アルゴリズムにより判断する。

[0077] 第3判断処理により第3移動ルートが求められた場合は（ステップS T 8
：Y e s）、判断システム5の通信部5 2は、ロボット2に境界ボックスB

1 内の通行を指示する指示信号を送信する（ステップ S T 9）。指示信号は、第 3 移動ルート of の情報を含む。ロボット 2 は、指示信号を受信すると、第 3 移動ルートに従って所定のエリア A 1 を通行する。例えば、図 4 に 2 点鎖線及び網掛けで示すように、境界ボックス B 1 内を通る第 3 移動ルートが設定される。

[0078] 第 3 判断処理で境界ボックス B 1 内を通る移動ルートが見つからなかった場合（ステップ S T 8 : N o）、及び、占有率が閾値（図 2 では、閾値 = 4）未満である場合（ステップ S T 4 : N o）は、判断部 5 1 3 は、ロボット 2 による所定のエリア A 1 の通行は不可能であると判断する。そして、判断部 5 1 3 は、所定のエリア A 1 を通らない新たな移動ルートを検索する（ステップ S T 1 0）。より詳細には、判断部 5 1 3 は、グローバルマップに基づいて新たな移動ルートを検索する。新たな移動ルートは、第 1 移動ルートに設定されていた目的地及び経由地を通る移動ルートである。

[0079] 判断部 5 1 3 が新たな移動ルートを発見すると、判断システム 5 の通信部 5 2 は、ロボット 2 に通知信号を送信する（ステップ S T 1 1）。通知信号は、上記新たな移動ルートをロボット 2 に通知するための信号である。

[0080] なお、ステップ S T 1 0 で判断部 5 1 3 が新たな移動ルートを発見できなかった場合は、ロボット 2 は、例えば、待機する。ステップ S T 1 0 の終了後、所定時間が経過すると、判断システム 5 は所定のエリア A 1 における 1 以上の物体の最新の位置情報に基づいて、ステップ S T 2 以降の処理を再実行する。

[0081] （8）利点

第 1 判断処理及び第 2 判断処理は、第 3 判断処理よりも簡素な処理であり、第 3 判断処理と比較して、判断に要する時間が短い。

[0082] よって、第 1 判断処理で所定のエリア A 1 の通行が不可能であると判断された場合（ステップ S T 4 の判定結果が“Y e s”の場合）は、第 1 判断処理に代えて第 3 判断処理を行う場合と比較して、判断を迅速に行える。また、第 2 判断処理で所定のエリア A 1 の通行が可能であると判断された場合（

ステップS T 6の判定結果が“Y e s”の場合)は、第2判断処理に代えて第3判断処理を行う場合と比較して、移動ルートが迅速に決定される。

[0083] 第1判断処理及び第2判断処理のいずれでも通行の可否が確定されなかった場合にのみ、第3判断処理が行われる。第1判断処理及び第2判断処理のいずれでも通行の可否が確定されなかった場合に、判断システム5は、必ずしも通行不可能と判断するのではなく、第3判断処理により、境界ボックスB 1内を通る移動ルートの適否を判断することができる。

[0084] このように、判断システム5は、第1～第3判断処理を組み合わせることで、判断の迅速化を図りつつ、第3判断処理を行わない場合と比較して、移動ルートを発見する可能性を高めることができる。

[0085] また、ロボット2の現在位置からでは検知できない障害物(人、物資、又は、施設6の躯体等)がある場合に、ロボット2がその障害物を検知できる位置まで移動することなく、第1～第3判断処理により通行の可否を判断することができる。

[0086] (実施形態の変形例)

以下、実施形態の変形例を列挙する。以下の変形例は、適宜組み合わせて実現されてもよい。以下では、上述した実施形態の構成を、基本例と呼ぶ。

[0087] 第2測位部5 1 2は、ビーコン信号の受信信号強度に代えて、ビーコン信号の位相に基づいて、ビーコン信号の発信源のロボット2の位置を求めてもよい。

[0088] 基本例では、占有率は、所定のエリアA 1における1以上の物体の個数である。これに対して、例えば、 $\text{占有率} = (\text{所定のエリアA 1における1以上の物体の占める面積}) / (\text{所定のエリアの面積})$ であってもよい。

[0089] 第2測位部5 1 2は、ロボット2の位置情報をビーコン信号に基づいて生成する構成に限定されない。第2測位部5 1 2は、例えば、ロボット2の位置情報を、カメラ4で生成された画像情報に基づいて生成してもよい。

[0090] 基本例では、第1測位部5 1 1は、複数のカメラ4を含む測位システムP 1で生成された画像情報に基づいて、1以上の物体の位置情報を生成する。

ただし、第1測位部511が1以上の物体の位置情報を生成する手段は、これに限定されない。例えば、物体が人であり、測位システムP1が複数のスキャナ3を含む場合を想定する。この場合、人が携帯しているビーコンから発信されるビーコン信号を複数のスキャナ3が受信し、第1測位部511は、複数のスキャナ3でビーコン信号に基づいて生成された情報（受信信号強度等）に基づいて、人の位置情報を生成してもよい。

[0091] 第1測位部511は、判断システム5の外部の構成であってもよい。この場合は、判断システム5の取得部514は、通信部52を介して第1測位部511から1以上の物体（例えば、図3、図4の人H1、H2及び物資G1）の位置情報を取得すればよい。

[0092] 基本例では、所定のエリアA1に存在する物体の一例として、人H1、H2、及び、物資G1を挙げた。これ以外に、物体は、例えば、他のロボットであってもよい。

[0093] 基本例の所定のエリアA1の境界は、施設6の壁61、61、62、62の近傍に存在する。これに対して、境界が施設6の壁から離れて存在してもよい。

[0094] 図2に示すフローチャートは、本開示に係る判断方法の一例に過ぎず、処理の順序が適宜変更されてもよいし、処理が適宜追加又は省略されてもよい。

[0095] 本開示におけるロボットシステム1又は判断方法の実行主体は、コンピュータシステムを含んでいる。コンピュータシステムは、ハードウェアとしてのプロセッサ及びメモリを主構成とする。コンピュータシステムのメモリに記録されたプログラムをプロセッサが実行することによって、本開示におけるロボットシステム1又は判断方法の実行主体としての機能の少なくとも一部が実現される。プログラムは、コンピュータシステムのメモリに予め記録されてもよく、電気通信回線を通じて提供されてもよく、コンピュータシステムで読み取り可能なメモリカード、光学ディスク、ハードディスクドライブ等の非一時的記録媒体に記録されて提供されてもよい。コンピュータシス

テムのプロセッサは、半導体集積回路（ＩＣ）又は大規模集積回路（ＬＳＩ）を含む１ないし複数の電子回路で構成される。ここでいうＩＣ又はＬＳＩ等の集積回路は、集積の度合いによって呼び方が異なっており、システムＬＳＩ、ＶＬＳＩ（Very Large Scale Integration）、又はＵＬＳＩ（Ultra Large Scale Integration）と呼ばれる集積回路を含む。さらに、ＬＳＩの製造後にプログラムされる、ＦＰＧＡ（Field-Programmable Gate Array）、又はＬＳＩ内部の接合関係の再構成若しくはＬＳＩ内部の回路区画の再構成が可能な論理デバイスについても、プロセッサとして採用することができる。複数の電子回路は、１つのチップに集約されていてもよいし、複数のチップに分散して設けられていてもよい。複数のチップは、１つの装置に集約されていてもよいし、複数の装置に分散して設けられていてもよい。ここでいうコンピュータシステムは、１以上のプロセッサ及び１以上のメモリを有するマイクロコントローラを含む。したがって、マイクロコントローラについても、半導体集積回路又は大規模集積回路を含む１ないし複数の電子回路で構成される。

[0096] また、実施形態において、１つの装置に集約されている複数の機能が、複数の装置に分散して設けられていてもよい。さらに、ロボットシステム１の少なくとも一部の機能、例えば、判断システム５の処理部５１の少なくとも一部の機能がサーバ又はクラウド（クラウドコンピューティング）等によって実現されてもよい。

[0097] （まとめ）

以上説明した実施形態等から、以下の態様が開示されている。

[0098] 第１の態様に係るロボットシステム（１）は、施設（６）において自律移動するロボット（２）の移動ルートに関する判断を行う。ロボットシステム（１）は、ロボット（２）と、測位部（５１１）と、判断部（５１３）と、通信部（５２）と、を備える。測位部（５１１）は、施設（６）に設置された測位システム（Ｐ１）で生成された情報に基づいて、所定のエリア（Ａ１）に存在しロボット（２）の通行の妨げとなる１以上の物体の位置情

報を生成する。判断部（５１３）は、ロボット（２）による所定のエリア（Ａ１）の通行の可否を判断する。通信部（５２）は、判断部（５１３）の判断結果を含む通信信号をロボット（２）に送信する。判断部（５１３）は、第１判断処理を行う。第１判断処理では、１以上の物体の位置情報に基づいて、所定のエリア（Ａ１）における１以上の物体の占有率を求め、１以上の物体の占有率が閾値以上であればロボット（２）による所定のエリア（Ａ１）の通行は不可能であると判断する。

[0099] 上記の構成によれば、判断部（５１３）は、占有率と閾値とを比較するという簡素な処理により、ロボット（２）の通行不可能な状況を判断できる。

[0100] また、第２の態様に係るロボットシステム（１）では、第１の態様において、所定のエリア（Ａ１）における１以上の物体の占有率は、所定のエリア（Ａ１）における１以上の物体の個数である。閾値は、２以上の値である。

[0101] 上記の構成によれば、占有率を容易に求めることができる。

[0102] また、第３の態様に係るロボットシステム（１）では、第１又は２の態様において、判断部（５１３）は、ロボット（２）による所定のエリア（Ａ１）の通行は不可能であると判断すると、所定のエリア（Ａ１）を通らない移動ルートを検索する。

[0103] 上記の構成によれば、混雑している所定のエリア（Ａ１）を避けてロボット（２）が移動することができる。

[0104] また、第４の態様に係るロボットシステム（１）では、第１～３の態様のいずれか１つにおいて、測位部（５１１）は、第１測位部（５１１）である。ロボットシステム（１）は、ロボット（２）の位置情報を生成する第２測位部（５１２）を更に備える。判断部（５１３）は、ロボット（２）の位置情報に基づいて、ロボット（２）の通行の可否を判断する対象の所定のエリア（Ａ１）を決定する。

[0105] 上記の構成によれば、判断部（５１３）は、ロボット（２）の位置情報を参照することで、所定のエリア（Ａ１）を適切に決定できる。

[0106] また、第５の態様に係るロボットシステム（１）では、第１～４の態様の

いずれか1つにおいて、1以上の物体は、2以上の物体である。判断部（513）は、所定のエリア（A1）における2以上の物体の位置情報に基づいて、2以上の物体を囲む平面視長方形の境界ボックス（B1）を求める。判断部（513）は、第1判断処理において占有率が閾値未満であれば、第2判断処理を行う。第2判断処理では、境界ボックス（B1）の外の道幅がロボット（2）の幅以上であればロボット（2）による所定のエリア（A1）の通行が可能であると判断する。

[0107] 上記の構成によれば、判断部（513）は、境界ボックス（B1）の外の道幅とロボット（2）の幅とを比較するという簡素な処理により、通行可能な状況を判断できる。

[0108] また、第6の態様に係るロボットシステム（1）では、第5の態様において、判断部（513）は、第2判断処理において境界ボックス（B1）の外の道幅がロボット（2）の幅よりも小さければ、第3判断処理を行う。第3判断処理では、境界ボックス（B1）内を通る移動ルートにてロボット（2）が所定のエリア（A1）を通行可能か否かを判断する。

[0109] 上記の構成によれば、境界ボックス（B1）の外の道幅がロボット（2）の幅よりも小さいときに一律に通行不可能と判断する場合と比較して、ロボット（2）が所定のエリア（A1）を通行できる可能性が高まる。

[0110] また、第7の態様に係るロボットシステム（1）では、第6の態様において、第3判断処理では、境界ボックス（B1）におけるグローバルマップに基づいて判断する。

[0111] 上記の構成によれば、第3判断処理ではロボット（2）がローカルマップを生成する必要がないため、ロボット（2）の負荷を低減できる。

[0112] また、第8の態様に係るロボットシステム（1）では、第6又は7の態様において、第3判断処理では、A*アルゴリズムにより判断する。

[0113] 上記の構成によれば、第3判断処理の精度が良くなる。

[0114] 第1の態様以外の構成については、ロボットシステム（1）に必須の構成ではなく、適宜省略可能である。

- [0115] また、第9の態様に係る判断システムは、施設（6）において自律移動するロボット（2）の移動ルートの決定に関する判断を行う。判断システムは、取得部（514）と、判断部（513）と、通信部（52）と、を備える。取得部（514）は、所定のエリア（A1）に存在しロボット（2）の通行の妨げとなる1以上の物体の位置情報を取得する。上記位置情報は、施設（6）に設置された測位システム（P1）で生成された情報に基づく位置情報である。判断部（513）は、ロボット（2）による所定のエリア（A1）の通行の可否を判断する。通信部（52）は、判断部（513）の判断結果を含む通信信号をロボット（2）に送信する。判断部（513）は、第1判断処理を行う。第1判断処理では、1以上の物体の位置情報に基づいて、所定のエリア（A1）における1以上の物体の占有率を求め、1以上の物体の占有率が閾値以上であればロボット（2）による所定のエリア（A1）の通行は不可能であると判断する。
- [0116] 上記の構成によれば、判断部（513）は、占有率と閾値とを比較するという簡素な処理により、ロボット（2）の通行不可能な状況を判断できる。
- [0117] また、第10の態様に係る判断方法は、判断システムにより実行され、施設（6）において自律移動するロボット（2）の移動ルートの決定に関する判断を行う。判断方法は、取得ステップと、判断ステップと、通信ステップと、を有する。取得ステップでは、所定のエリア（A1）に存在しロボット（2）の通行の妨げとなる1以上の物体の位置情報を取得する。上記位置情報は、施設（6）に設置された測位システム（P1）で生成された情報に基づく位置情報である。判断ステップでは、ロボット（2）による所定のエリア（A1）の通行の可否を判断する。通信ステップでは、判断ステップの判断結果を含む通信信号をロボット（2）に送信する。判断ステップは、第1判断処理を含む。第1判断処理では、1以上の物体の位置情報に基づいて、所定のエリア（A1）における1以上の物体の占有率を求め、1以上の物体の占有率が閾値以上であればロボット（2）による所定のエリア（A1）の通行は不可能であると判断する。

- [0118] 上記の構成によれば、判断ステップでは、占有率と閾値とを比較するという簡素な処理により、ロボット（２）の通行不可能な状況を判断できる。
- [0119] また、第１１の態様に係るプログラムは、第１０の態様に係る判断方法を、コンピュータシステムの１以上のプロセッサに実行させるためのプログラムである。
- [0120] 上記の構成によれば、判断ステップでは、占有率と閾値とを比較するという簡素な処理により、ロボット（２）の通行不可能な状況を判断できる。
- [0121] 上記態様に限らず、実施形態に係るロボットシステム（１）の種々の構成（変形例を含む）は、判断方法、（コンピュータ）プログラム、又はプログラムを記録した非一時的記録媒体にて具現化可能である。

符号の説明

- [0122] １ ロボットシステム
- ２ ロボット
- ６ 施設
- ５２ 通信部
- ５１１ 測位部（第１測位部）
- ５１２ 第２測位部
- ５１３ 判断部
- ５１４ 取得部
- A１ 所定のエリア
- B１ 境界ボックス
- P１ 測位システム

請求の範囲

- [請求項1] 施設において自律移動するロボットの移動ルートの決定に関する判断を行うロボットシステムであって、
- 前記ロボットと、
- 前記施設に設置された測位システムで生成された情報に基づいて、所定のエリアに存在し前記ロボットの通行の妨げとなる1以上の物体の位置情報を生成する測位部と、
- 前記ロボットによる前記所定のエリアの通行の可否を判断する判断部と、
- 前記判断部の判断結果を含む通信信号を前記ロボットに送信する通信部と、を備え、
- 前記判断部は、第1判断処理を行い、
- 前記第1判断処理では、前記1以上の物体の前記位置情報に基づいて、前記所定のエリアにおける前記1以上の物体の占有率を求め、前記1以上の物体の前記占有率が閾値以上であれば前記ロボットによる前記所定のエリアの通行は不可能であると判断する、
- ロボットシステム。
- [請求項2] 前記所定のエリアにおける前記1以上の物体の前記占有率は、前記所定のエリアにおける前記1以上の物体の個数であり、
- 前記閾値は、2以上の値である、
- 請求項1に記載のロボットシステム。
- [請求項3] 前記判断部は、前記ロボットによる前記所定のエリアの通行は不可能であると判断すると、前記所定のエリアを通らない移動ルートを検索する、
- 請求項1又は2に記載のロボットシステム。
- [請求項4] 前記測位部は、第1測位部であって、
- 前記ロボットの位置情報を生成する第2測位部を更に備え、
- 前記判断部は、前記ロボットのの前記位置情報に基づいて、前記ロボ

ットの通行の可否を判断する対象の前記所定のエリアを決定する、
請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のロボットシステム。

[請求項5]

前記 1 以上の物体は、2 以上の物体であり、
前記判断部は、前記所定のエリアにおける前記 2 以上の物体の前記位置情報に基づいて、前記 2 以上の物体を囲む平面視長方形の境界ボックスを求め、

前記判断部は、前記第 1 判断処理において前記占有率が閾値未満であれば、第 2 判断処理を行い、

前記第 2 判断処理では、前記境界ボックスの外の道幅が前記ロボットの幅以上であれば前記ロボットによる前記所定のエリアの通行が可能であると判断する、

請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のロボットシステム。

[請求項6]

前記判断部は、前記第 2 判断処理において前記境界ボックスの外の前記道幅が前記ロボットの幅よりも小さければ、第 3 判断処理を行い、

前記第 3 判断処理では、前記境界ボックス内を通る移動ルートにて前記ロボットが前記所定のエリアを通行可能か否かを判断する、

請求項 5 に記載のロボットシステム。

[請求項7]

前記第 3 判断処理では、前記境界ボックスにおけるグローバルマップに基づいて判断する、

請求項 6 に記載のロボットシステム。

[請求項8]

前記第 3 判断処理では、A*アルゴリズムにより判断する、

請求項 6 又は 7 に記載のロボットシステム。

[請求項9]

施設において自律移動するロボットの移動ルートの決定に関する判断を行う判断システムであって、

前記施設に設置された測位システムで生成された情報に基づく位置情報であって、所定のエリアに存在し前記ロボットの通行の妨げとなる 1 以上の物体の位置情報を取得する取得部と、

前記ロボットによる前記所定のエリアの通行の可否を判断する判断部と、

前記判断部の判断結果を含む通信信号を前記ロボットに送信する通信部と、を備え、

前記判断部は、第 1 判断処理を行い、

前記第 1 判断処理では、前記 1 以上の物体の前記位置情報に基づいて、前記所定のエリアにおける前記 1 以上の物体の占有率を求め、前記 1 以上の物体の前記占有率が閾値以上であれば前記ロボットによる前記所定のエリアの通行は不可能であると判断する、

判断システム。

[請求項10]

判断システムにより実行され、施設において自律移動するロボットの移動ルートの決定に関する判断を行う判断方法であって、

前記施設に設置された測位システムで生成された情報に基づく位置情報であって、所定のエリアに存在し前記ロボットの通行の妨げとなる 1 以上の物体の位置情報を取得する取得ステップと、

前記ロボットによる前記所定のエリアの通行の可否を判断する判断ステップと、

前記判断ステップの判断結果を含む通信信号を前記ロボットに送信する通信ステップと、を有し、

前記判断ステップは、第 1 判断処理を含み、

前記第 1 判断処理では、前記 1 以上の物体の前記位置情報に基づいて、前記所定のエリアにおける前記 1 以上の物体の占有率を求め、前記 1 以上の物体の前記占有率が閾値以上であれば前記ロボットによる前記所定のエリアの通行は不可能であると判断する、

判断方法。

[請求項11]

請求項 10 に記載の判断方法を、コンピュータシステムの 1 以上のプロセッサに実行させるための、

プログラム。