

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4833406号  
(P4833406)

(45) 発行日 平成23年12月7日(2011.12.7)

(24) 登録日 平成23年9月30日(2011.9.30)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 T 7/00 (2006.01)  
 B 2 5 J 5/00 (2006.01)  
 B 2 5 J 13/00 (2006.01)  
 G 0 6 T 1/00 (2006.01)

G 0 6 T 7/00 3 0 0 F  
 B 2 5 J 5/00 E  
 B 2 5 J 13/00 Z  
 G 0 6 T 1/00 3 0 0

請求項の数 42 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-559490 (P2000-559490)  
 (86) (22) 出願日 平成11年7月1日(1999.7.1)  
 (65) 公表番号 特表2002-536709 (P2002-536709A)  
 (43) 公表日 平成14年10月29日(2002.10.29)  
 (86) 国際出願番号 PCT/DE1999/001951  
 (87) 国際公開番号 W02000/003311  
 (87) 国際公開日 平成12年1月20日(2000.1.20)  
 審査請求日 平成18年6月30日(2006.6.30)  
 審判番号 不服2010-18214 (P2010-18214/J1)  
 審判請求日 平成22年8月12日(2010.8.12)  
 (31) 優先権主張番号 198 30 536.2  
 (32) 優先日 平成10年7月8日(1998.7.8)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(73) 特許権者 390039413  
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト  
 Siemens Aktiengesellschaft  
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン  
 ヴィッテルスバッハープラッツ 2  
 Wittelsbacherplatz  
 2, D-80333 Muenchen, Germany  
 (74) 代理人 100061815  
 弁理士 矢野 敏雄  
 (74) 代理人 100099483  
 弁理士 久野 琢也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 第1の構造と少なくとも1つの予め設定された第2の構造との類似度を算出するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の構造と少なくとも1つの所定の第2の構造との類似度をコンピュータを援用して算出するための方法において、

前記第1の構造は周囲の物理的対象物の一部を表す画像の中の構造であり、

前記第2の構造はプロセッサ(209)に記憶された所定の地図(101)を表す画像の中の所定の構造であり、

前記第1の構造と前記第2の構造のそれぞれにおける画像から少なくとも1つの基本要素(301)を前記プロセッサ(209)により抽出し、

前記基本要素(301)のそれぞれに当該基本要素(301)を特徴付ける周囲情報(302)を割り当て、ただし、前記周囲情報(302)は少なくとも1つの別の基本要素(303)と当該別の基本要素(303)の前記基本要素(301)に対する幾何学的配置とにより構成されており、

前記基本要素(301)に割り当てられた周囲情報(302)に基づいて、前記プロセッサ(209)による比較によって前記第1の構造の少なくとも1つの基本要素(301)と前記第2の構造の少なくとも1つの基本要素(301)との類似度を求めることにより、前記第1の構造及び前記第2の構造に対して類似度を算出する、第1の構造と少なくとも1つの所定の第2の構造との類似度をコンピュータを援用して算出するための方法。

【請求項2】

前記2つの画像は撮影手段によって撮影される、請求項1記載の方法。

10

20

## 【請求項 3】

前記 2 つの画像はスキャナによって撮影される、請求項 2 記載の方法。

## 【請求項 4】

前記 2 つの画像はカメラによって撮影される、請求項 2 記載の方法。

## 【請求項 5】

前記基本要素の少なくとも一部はそれぞれ所定の形式のラインである、請求項 1 ~ 4 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 6】

前記基本要素の少なくとも一部はそれぞれ区間である、請求項 5 記載の方法。

## 【請求項 7】

前記基本要素の少なくとも一部はそれぞれ点である、請求項 1 ~ 4 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 8】

基本要素は様々な形式を有する、請求項 1 ~ 7 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 9】

前記周囲情報の少なくとも一部は、前記画像の生成の際に発生するエラーに対して不変であるように形成される、請求項 1 ~ 8 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 10】

前記別の基本要素は複数の周囲情報タイプにグループ化され、前記別の基本要素は周囲情報特徴を含み、該周囲情報特徴はそれぞれ 1 つの周囲情報タイプに割り当てられる、請求項 8 ~ 9 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 11】

1 つの周囲情報タイプに割り当てられた前記周囲情報特徴は所定のやり方でソートされてリストとして記憶される、請求項 10 項記載の方法。

## 【請求項 12】

前記類似度はダイナミックプログラミングによって形成される、請求項 1 ~ 11 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 13】

本発明の方法が複数の他の構造に対して実施され、それぞれ第 1 の構造とそれぞれ他の構造との類似度が算出される、請求項 1 ~ 12 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 14】

本発明の方法は様々な基本要素に対して何回も実施され、これによって複数の類似度が形成される、請求項 13 記載の方法。

## 【請求項 15】

第 1 の構造の及び最大的一致を有する他の構造の基本要素が選択され、各構造におけるこれらの選択された基本要素から出発してそれぞれローカルな座標系が形成され、

前記第 1 の構造の座標系の第 2 の構造の座標系へのマッピングに依存してマッピング度が形成され、

該マッピング度に依存して最小のマッピング度を有する構造が決定される、請求項 13 又は 14 記載の方法。

## 【請求項 16】

マッピング度は第 1 の構造からそれぞれ他の構造へのローカルな座標系の回転を記述する、請求項 15 記載の方法。

## 【請求項 17】

前記構造はデータバンクにおけるデータ構造を記述する、請求項 1 ~ 16 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 18】

第 1 の構造は物理的対象物を記述し、第 2 の構造は物理的対象物のモデルを記述する、請求項 1 ~ 16 のうちの 1 項記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 19】

移動式自律的装置に対する地図を算出するために使用される、請求項 1 ~ 16 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 20】

移動式自律的装置の配向のために使用される、請求項 1 ~ 16 のうちの 1 項記載の方法。

## 【請求項 21】

移動式自律的装置はロボットである、請求項 19 又は 20 記載の方法。

## 【請求項 22】

第 1 の構造と少なくとも 1 つの所定の第 2 の構造との類似度をコンピュータを援用して算出するための装置において、

前記第 1 の構造は周囲の物理的対象物の一部を表す画像の中の構造であり、

前記第 2 の構造はプロセッサ (209) に記憶された所定の地図 (101) を表す画像の中の所定の構造であり、

前記装置はプロセッサを有し、該プロセッサは次のステップを実施できるように調整されている、すなわち、

前記第 1 の構造と前記第 2 の構造のそれぞれにおける画像から少なくとも 1 つの基本要素 (301) を抽出し、

前記基本要素 (301) のそれぞれに当該基本要素 (301) を特徴付ける周囲情報 (302) を割り当て、ただし、前記周囲情報 (302) は少なくとも 1 つの別の基本要素 (303) と当該別の基本要素 (303) の前記基本要素 (301) に対する幾何学的配置とにより構成されており、

前記基本要素 (301) に割り当てられた周囲情報 (302) に基づいて、前記第 1 の構造の少なくとも 1 つの基本要素 (301) と前記第 2 の構造の少なくとも 1 つの基本要素 (301) との比較によって類似度を求めることにより、前記第 1 の構造及び前記第 2 の構造に対して類似度を算出する、第 1 の構造と少なくとも 1 つの所定の第 2 の構造との類似度をコンピュータを援用して算出するための装置。

## 【請求項 23】

前記 2 つの画像を撮影するための撮影手段を有する、請求項 22 記載の装置。

## 【請求項 24】

前記 2 つの画像を撮影するためのスキャナを有する、請求項 23 記載の装置。

## 【請求項 25】

前記 2 つの画像を撮影するためのカメラを有する、請求項 23 記載の装置。

## 【請求項 26】

前記基本要素の少なくとも一部がそれぞれ所定の形式のラインであるように、前記プロセッサは調整されている、請求項 22 ~ 25 のうちの 1 項記載の装置。

## 【請求項 27】

前記基本要素の少なくとも一部がそれぞれ区間であるように、前記プロセッサは調整されている、請求項 26 記載の装置。

## 【請求項 28】

前記基本要素の少なくとも一部がそれぞれ点であるように、前記プロセッサは調整されている、請求項 22 ~ 27 のうちの 1 項記載の装置。

## 【請求項 29】

前記基本要素が様々な形式を有するように、前記プロセッサは調整されている、請求項 22 ~ 28 のうちの 1 項記載の装置。

## 【請求項 30】

前記周囲情報の少なくとも一部が前記画像の生成の際に発生するエラーに対して不変であるように形成されるように、前記プロセッサは調整される、請求項 22 ~ 29 のうちの 1 項記載の装置。

## 【請求項 31】

前記別の基本要素が複数の周囲情報タイプにグループ化され、前記別の基本要素が周囲情報特徴を含み、該周囲情報特徴がそれぞれ周囲情報タイプに割り当てられるように、前記プロセッサは調整されている、請求項 2 9 ~ 3 0 のうちの 1 項記載の装置。

【請求項 3 2】

周囲情報タイプに割り当てられた前記周囲情報特徴が所定のやり方でソートされてリストとして記憶されるように、前記プロセッサは調整されている、請求項 3 1 項記載の装置。

【請求項 3 3】

前記類似度がダイナミックプログラミングによって形成されるように、前記プロセッサは調整されている、請求項 2 2 ~ 3 2 のうちの 1 項記載の装置。

10

【請求項 3 4】

前記ステップが複数の他の構造に対する実施され、それぞれ第 1 の構造とそれぞれ他の構造との類似度が算出されるように、前記プロセッサは調整されている、請求項 2 2 ~ 3 3 のうちの 1 項記載の装置。

【請求項 3 5】

前記ステップが様々な基本要素に対して何回も実施され、これによって複数の類似度が形成されるように、前記プロセッサは調整されている、請求項 3 4 記載の装置。

【請求項 3 6】

前記プロセッサは次のように調整されている、すなわち、  
第 1 の構造の及び最大の一致を有する他の構造の基本要素が選択され、  
各構造におけるこれらの選択された基本要素から出発してそれぞれローカルな座標系が形成され、

20

前記第 1 の構造の座標系の第 2 の構造の座標系へのマッピングに依存してマッピング度が形成され、

該マッピング度に依存して最小のマッピング度を有する構造が決定される、請求項 3 4 又は 3 5 記載の装置。

【請求項 3 7】

マッピング度が第 1 の構造からそれぞれ他の構造へのローカルな座標系の回転を記述するように、前記プロセッサは調整されている、請求項 3 6 記載の装置。

【請求項 3 8】

30

前記構造がデータバンクにおけるデータ構造を記述するように、前記プロセッサは調整されている、請求項 2 2 ~ 3 7 のうちの 1 項記載の装置。

【請求項 3 9】

前記第 1 の構造が物理的対象物を記述し、前記第 2 の構造が物理的対象物のモデルを記述するように、前記プロセッサは調整されている、請求項 2 2 ~ 3 7 のうちの 1 項記載の装置。

【請求項 4 0】

移動式自律的装置に対する地図を算出するために使用される、請求項 2 2 ~ 3 7 のうちの 1 項記載の装置。

【請求項 4 1】

40

移動式自律的装置の配向のために使用される、請求項 2 2 ~ 4 0 のうちの 1 項記載の装置。

【請求項 4 2】

移動式自律的装置はロボットである、請求項 4 0 又は 4 1 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

本発明は、第 1 の構造と少なくとも 1 つの予め設定された第 2 の構造との類似度をコンピュータを援用して算出することに関する。

【0 0 0 2】

このような方法は参考文献 [ 1 ] から公知である。画像処理のこの方法では、2 つの時間

50

的に相前後する画像の間の動き推定の枠内で、符号化すべき画像ブロックに対して、時間的に先行する画像においてできるだけこの符号化すべき画像ブロックに類似した画像領域をサーチする。これは、符号化すべき画像ブロックの画素のこれらの画素に割り当てられた符号化情報（輝度値又は色値）と時間的に先行する画像における検査される領域における画素のこれらの画素に割り当てられた符号化情報（輝度値又は色値）との差の2乗に関する総和が算出されることによって行われる。これは次のことを意味する。すなわち、2つの構造を比較するために[1]のこのアプローチにおいて第1の構造全体（符号化すべき画像ブロック）が第2の構造（時間的に先行する画像における領域）とその全体において比較されることを意味する。

【0003】

10

このやり方はこれらの構造の記憶のために必要なメモリ所要面積ならびに類似度（Aehnlichkeitsmass）（この場合には類似度は差の2乗の総和）を算出するための所要計算時間の点できわめてコスト高である。

【0004】

[2]からは、構造を比較するためにこの構造の要素を多角形の線（polygonzuege）として把握し、これらの多角形の線をその全体において比較し、互いに結合される多角形の線の要素の間の角度を考慮する。

【0005】

このアプローチは、所定の空間においてロボットによってこのロボットの配向のために行われる撮影に対してはロバストではないという欠点をそれ自体含んでいる。この空間はこの場合所定の記憶された地図によって表される。

20

【0006】

ロボットによって多角形の線の幾つかの要素が撮影されない場合、十分な品質の結果をもたらすためには[2]から公知の方法は十分にロバストではない。また、この方法は、構造を互いに比較するための地図を有する撮影画像の比較に対してはきわめて計算コストが高い。

【0007】

従って、本発明の課題は、起こりうる撮影エラーに対してロバストでありならびに公知の方法よりも僅少な計算時間コストでより迅速に実施することができる、第1の構造と少なくとも1つの予め設定された第2の構造との類似度を算出することである。

30

【0008】

上記課題は請求項1記載の方法ならびに請求項27記載の装置によって解決される。

【0009】

本発明の方法では、第1の構造及び第2の構造に対してそれぞれ少なくとも1つの基本要素を定義する。基本要素にそれぞれ周囲情報を割り当て、この周囲情報は相応の基本要素を特徴づけるものである。第1の構造及び第2の構造に対して類似度を算出し、この類似度によって第1の構造の第2の構造との類似性が記述される。類似度を算出することは基本要素ならびにこれらの基本要素に割り当てられた周囲情報に依存して行われる。

【0010】

本発明の装置はプロセッサを有し、このプロセッサは次のステップを実施できるように調整されている、すなわち、

40

第1の構造及び第2の構造に対してそれぞれ少なくとも1つの基本要素が定義され、基本要素にはそれぞれ周囲情報が割り当てられ、

周囲情報は相応の基本要素を特徴づけ、

第1の構造及び第2の構造に対して類似度を算出し、この類似度によって第1の構造の第2の構造との類似性が記述され、

類似度を算出することは基本要素ならびにこれらの基本要素に割り当てられた周囲情報に依存して行われる。

【0011】

本発明は、従来技術に比べて、類似度の算出を実施するための大幅に小さい所要計算時間

50

ならびに起こりうるセンサエラー又はモデリングエラーに対する高いロバスト性によって際立っている。

【 0 0 1 2 】

本発明の有利な実施形態は従属請求項から得られる。

【 0 0 1 3 】

構造は地図に含まれ、この地図は撮影手段、例えばレーザスキャナ又はカメラによって周囲からシーンとして撮影される。この場合、配向するために又はこの配向のために使用される地図を構成するために、撮影された構造を記憶された地図と比較することが必要である。

【 0 0 1 4 】

類似度が複数の基本要素及びこれらの複数の基本要素のそれぞれ割り当てられた周囲情報に基づいて算出される場合に、本発明の方法の精度は高まる。

【 0 0 1 5 】

本発明の他の実施形態では、基本要素の少なくとも一部分がライン、区間又は点であるように構成される。

【 0 0 1 6 】

周囲情報は他の基本要素及びこれらの他の基本要素の幾何学的な配置によって基本要素に対して相対的に形成される。

【 0 0 1 7 】

基本要素は様々な形式を持ちうる。

【 0 0 1 8 】

周囲情報の少なくとも一部分が地図の構成の際に発生するエラーに対して不変であるように形成される本発明の実施形態によって、結果の更なる品質改善が得られる。

【 0 0 1 9 】

本発明の更なる簡略化は次のことによって達成される。すなわち、有利な実施形態において、他の基本要素が複数の周囲情報タイプにグループ化され、これらの他の基本要素が周囲情報特徴を含み、これらの周囲情報特徴がそれぞれ周囲情報タイプに割り当てられることによって達成される。

【 0 0 2 0 】

周囲情報タイプに割り当てられた周囲情報特徴はリストに所定のやり方でソートされて記憶される。

【 0 0 2 1 】

このソーティングは、地図の構成の際の上記のエラーに対して不変であるように実施される。

【 0 0 2 2 】

有利には類似度はダイナミックプログラミングを用いて算出される。

【 0 0 2 3 】

構造は、それぞれ物理的オブジェクト、例えば撮影された空間又は撮影されたシーン、ならびに、例えば壁、ドア又は任意の他のオブジェクトを記述することができる。

【 0 0 2 4 】

選択的な実施形態において、第 1 の構造は物理的オブジェクトを記述し、第 2 の構造は物理的オブジェクトのモデルを記述することも可能である。

【 0 0 2 5 】

さらに、構造はデータバンクにおけるデータ構造を表すことができる。

【 0 0 2 6 】

本発明は有利には移動式自律的装置の配向のために又はこの装置の配向のための地図を算出するためにも使用できる。

【 0 0 2 7 】

有利な実施形態において、自律的装置はロボットである。

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

本発明の実施例を図面に示し次に詳しく説明する。

【0029】

図1a及び図1bは、ロボットが自らを配向しなければならない廊下の概略図(図1a)ならびにこのロボットの撮影のシンボリックな概略図及びこのロボットの地図への変換を示しており、この地図を算出する際のエラー及び図1aの実際の廊下と比べた場合のこのエラーの廊下の図への影響が図示されている(図1b)。

【0030】

図2は、撮影手段を有するロボットの概略図を示す。

【0031】

図3aから図3cは、それぞれ異なる周囲情報タイプ及び周囲情報特徴を有する基本要素の概略図を示す。

10

【0032】

図4は、構造が物理的オブジェクトのモデルである本発明の方法の適用事例における概略図を示す。

【0033】

図5は、実施例の方法ステップが図示されているフローチャートを示す。

【0034】

図2は複数のレーザスキャナ202を有するロボット201を示す。これらのレーザスキャナ202はこのロボット201の周囲の画像を撮影し、これらの画像を計算ユニット203に接続線路204、205を介して供給する。

20

【0035】

バス207を介してメモリ208ならびにプロセッサ209に接続されている入力側/出力側インターフェース206を介して画像信号がメモリ208に供給される。

【0036】

以下に記述される方法はプロセッサ209において実施される。従って、プロセッサ209は、以下において記述される方法ステップが実施できるように調整されている。

【0037】

図1aはシンボリックに廊下102を図示する地図101を示す。ロボット201はこの廊下を移動し、レーザスキャナ202によってその周囲の画像を撮影する。この場合、ロボット201は壁103を撮影する。ロボット201は異なる時間にその周囲の画像を撮影し、これによって地図101全体の画像が成立する。

30

【0038】

廊下102にはさらにこの廊下102に突き出ている本棚又は柵で囲った場所又は類似の対象物の形式の障害物104が存在する。

【0039】

廊下102の角105、106、107は区間の形式で記憶される壁の開始地点乃至は終了地点として解釈される。

【0040】

図1bは、図1aに図示された状況において前提とされるように理想的な撮影が行われず、ロボット201によるこの撮影の際にエラーが発生した場合の図1aの地図を示す。

40

【0041】

ロボット201は廊下102を移動し、周期的な間隔でその周囲の画像を撮影する。撮影された画像ならびに記憶された地図101に基づいてこのロボット201は自らを配向する。

【0042】

この配向は、ロボット201が画像をプロセッサ209に供給することによって行われる。このプロセッサ209において撮影された画像の要素と記憶された予め設定された地図101の要素との類似性比較が算出され、これからこのロボット201の瞬時の位置の決定が行われる。

【0043】

50

ロボット201は位置110に存在し、そのレーザスキャナによって画像領域111を撮影する。ロボット201はこの画像領域111を記憶された地図101と一致させ、これによりこのロボット201の配向のための情報を算出する。

【0044】

これは、撮影された画像領域111を示す第1の構造と予め設定された記憶された地図101の中の少なくとも1つの予め設定された第2の構造との比較に相応する。

【0045】

この目的のために、図5に図示されている次の方法が実施される。

【0046】

第1のステップ501において、撮影された画像111からプロセッサ209によって基本要素が抽出される。

10

【0047】

それぞれ廊下102における開始点及び終了点を有する壁を表す区間を基本要素と見なす。他の基本要素は予め設定可能な形式の点又はラインである。

【0048】

この抽出は画像処理の周知の方法によって行われる。

【0049】

基本要素の抽出の後で、定義された基本要素の集合によってシンボリックに表される画像が現れる。

【0050】

20

各基本要素には周囲情報が割り当てられる。この周囲情報は相応の基本要素を特徴づけ、さらに、全ての基本要素の集合の中で各基本要素を識別することを可能にする。

【0051】

基本要素に割り当てられている周囲情報302を有するこのような基本要素301はそれぞれ図3aから図3cまでに図示されている。

【0052】

周囲情報は他の基本要素の集合及びこれらの他の基本要素の幾何学的な配置によって互いに相対的にならびに基本要素301自体に対して形成される。

【0053】

基本要素301に割り当てられる周囲情報は、ロボット201による地図101の構成の際に発生しうるエラーに対してできるだけ不変であるように形成される。

30

【0054】

区間の形式の直交する基本要素の対が本発明の方法に対してとりわけ良好に適することが判明した。この場合、基本要素の正確な直交性が重要なのではなく、トレランスが無造作に甘受されうることに注意すべきである。

【0055】

基本要素301に割り当てられる周囲情報は、平行な基本要素と基本要素301との交点の間隔であり、図3aではDxによって示されている。

【0056】

さらに、周囲情報として、長さL1を有する第1の他の基本要素303と基本要素301との交角である第1の角度W1が記憶される。

40

【0057】

さらに、第2の他の基本要素304と基本要素301との交角である第2の角度W2ならびにこの第2の他の基本要素304の長さL2が周囲情報として基本要素301に割り当てられる。

【0058】

基本要素301に割り当てられる他の周囲情報は第1の及び/又は第2の基本要素303、304のそれぞれの開始地点及び/又は終了地点の情報ならびに配向である。

【0059】

周囲情報は基本要素301に割り当てられるリストとして記憶される。このリストは予め

50

設定可能なやり方でソートされている。

【 0 0 6 0 】

直交する基本要素の対は、周囲情報として図 3 a に図示されているように、1 つの周囲情報タイプを形成する。

【 0 0 6 1 】

周囲情報として基本要素 3 0 1 に割り当てられる上記の個々の要素はそれぞれ周囲情報タイプに割り当てられる周囲情報特徴を形成する。

【 0 0 6 2 】

第 2 の周囲情報タイプは基本要素 3 0 1 に対して平行な他の基本要素 3 1 0 である ( 図 3 b 参照 ) 。

10

【 0 0 6 3 】

ここにおいても、この他の基本要素 3 1 0 の基本要素 3 0 1 に対する正確な平行性は必要とされない。周囲情報としては基本要素 3 0 1 と他の平行な基本要素 3 0 3 との間の間隔  $D_y$  ならびに間隔  $D_y$  だけシフトされた第 1 の基本要素 3 0 1 の正確な平行線 3 1 1 と他の平行な基本要素 3 1 0 の実際の位置との間の第 3 の角度  $W_3$  が記憶される。

【 0 0 6 4 】

図 3 c は、ライン構造 3 2 2 の点を示す点 3 2 0、3 2 1 の形式のさらに別の周囲情報タイプを示す。このライン構造 3 2 2 は基本要素 3 0 1 の最も近くに存在する。この場合、これらの点 3 2 0、3 2 1 の間の (  $D_z$  として示された ) 間隔ならびに基本要素 3 0 1 までの点 3 2 0、3 2 1 の最短距離  $N_1$ 、 $N_2$  が周囲情報特徴として記憶されている。

20

【 0 0 6 5 】

予め設定された記憶された地図 1 0 1 には基本要素に同様のやり方でそれぞれ周囲情報が割り当てられている。従って、記憶された地図 1 0 1 は、周囲情報タイプに割り当てられた周囲情報特徴を有する周囲情報タイプの形式のそれぞれ基本要素に割り当てられた周囲情報を有する基本要素の集合を有する。

【 0 0 6 6 】

よって、第 2 のステップ 5 0 2 において周囲情報がそれぞれ画像領域 1 1 1 に含まれている基本要素ならびにこの地図 1 0 1 に含まれる基本要素に割り当てられる。

【 0 0 6 7 】

各基本要素 3 0 1 に対して、次のステップ 5 0 3 において全ての他の基本要素によって類似度の値が形成される。

30

【 0 0 6 8 】

次に類似度を詳しく説明する。

【 0 0 6 9 】

この実施例では、基本要素 3 0 1 に割り当てられている周囲情報の全体値  $U$  が次の規則に従って得られることから出発する：

$$U = (OP, P, MP)$$

ただしここで

$OP$  は互いに垂直に配向された他の基本要素の対によって形成される周囲情報特徴であり、

40

$P$  は平行な基本要素によって形成される周囲情報特徴であり、

$MP$  は点状の周囲情報タイプの周囲情報特徴である。

【 0 0 7 0 】

これらの周囲情報特徴はソートされたリストの形式で存在する。

【 0 0 7 1 】

【 数 1 】

$$v: U \times U \rightarrow \mathbb{R}_0^+$$

50

## 【 0 0 7 2 】

を比較関数の形式的な定義とする。

## 【 0 0 7 3 】

この比較関数  $v$  によって、それぞれ 2 つの基本要素に割り当てられる周囲情報の対に対して比較値が計算される。比較値が大きくなればなるほど、ますますこれらの基本要素の 2 つの周囲情報特徴は互いに一致する。比較関数  $v$  の定義のために、次の 3 つの関数  $vOP$ 、 $vP$ 、 $vMP$  を定義する：

## 【 0 0 7 4 】

## 【 数 2 】

$$vOP: OP \times OP \rightarrow \mathbb{R}_0^+$$

10

$$vP: P \times P \rightarrow \mathbb{R}_0^+$$

$$vMP: MP \times MP \rightarrow \mathbb{R}_0^+,$$

## 【 0 0 7 5 】

ここで、 $vOP$  によって、垂直な他の基本要素を有する周囲情報タイプの周囲情報特徴に対する比較値が記述され、同様に  $vP$  によって、平行な基本要素を有する周囲情報タイプの周囲情報特徴の比較値が記述される。 $vMP$  によって、周囲情報特徴として点を有する周囲情報タイプの周囲情報特徴の比較値が記述される。

20

## 【 0 0 7 6 】

比較関数  $v$  は関数  $vOP$ 、 $vP$  及び  $vMP$  の重み付けされた総和として次の規則によって定義される。

## 【 0 0 7 7 】

$$v(U1, U2) = aOP * vOP(OP1, OP2) + aP * vP(P1, P2) + aMP * vMP(MP1, MP2)$$

数値間隔  $[0, 1]$  における値  $aOP$ 、 $aP$  及び  $aMP$  はウェイト値である。

30

## 【 0 0 7 8 】

これらのウェイト値  $aOP$ 、 $aP$  及び  $aMP$  によって類似度に関する個々の周囲情報タイプの異なる意味が考慮される。直交する他の基本要素の対の周囲情報タイプ  $OP$  は平行な他の基本要素の周囲情報タイプ  $P$  よりも類似度に関してより大きな意味を有し、さらにこの平行な他の基本要素の周囲情報タイプ  $P$  は周囲情報特徴として点を有する周囲情報タイプよりも類似度に関して大きな意味を有することが判明した。

## 【 0 0 7 9 】

各関数  $vOP$ 、 $vP$ 、 $vMP$  に対して、各基本要素及びこの各基本要素の周囲情報特徴に対してそれぞれダイナミックプログラミング法が実施され、これによって中間類似値 (Zwischenähnlichkeitswert) が形成される。

40

## 【 0 0 8 0 】

これは、各関数  $vOP$ 、 $vP$ 、 $vMP$  に対してそれぞれ次のコスト関数 (Kostenfunktion)  $D_{i,j}$ ：

## 【 0 0 8 1 】

## 【 数 3 】

$$D_{i,j} = \min \begin{cases} D_{i-1,j} + \delta \\ D_{i-1,j} - 1 + \mu, \\ D_{i,j-1} + \delta \end{cases}$$

【 0 0 8 2 】

を使用して行われる。ただしここで、

δ は予め設定可能なコスト値であり、この予め設定可能なコスト値は、撮影された画像領域の周囲情報特徴が記憶された地図 1 0 1 の周囲情報特徴に割り当てられない場合に発生する。

10

【 0 0 8 3 】

【 数 4 】

$$\mu = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ ただし}$$

$$\lambda = \prod_{k=1}^n \left( \max \left\{ 0, 1 - \frac{|a_{k,i} - a_{k,j}|}{\text{MaxErr}_k} \right\} \right).$$

20

【 0 0 8 4 】

ただしここで、

k はダイナミックプログラミングの枠内で考慮される各周囲情報タイプを一意的に示すインデクスであり、

n は考慮される基本要素の個数を示し、

$a_{k,i}$  及び  $a_{k,j}$  は各周囲情報タイプのソートされたリストに格納されている個々の周囲情報特徴を示し、 $a_{k,i}$  は画像領域 1 1 1 の基本要素の周囲情報特徴を示し、 $a_{k,j}$  は地図 1 0 1 の基本要素の周囲情報特徴を示し、

30

$\text{MaxErr}_k$  は、予め設定可能な、各周囲情報タイプに固有の値を示す。

【 0 0 8 5 】

コスト値 δ は、所与の適用事例において、割り当てが適正である場合には  $2 \cdot \delta > \mu$  であるように経験的に決定され、割り当てが適正でない場合には  $\mu > 2 \cdot \delta$  であるように経験的に決定される。

【 0 0 8 6 】

個々のウェイト値の次のような比率が有利であると判明した：

$a_{OP} : a_P : a_{MP} = 3 : 2 : 1$

比較関数 v の結果は類似度の値を形成し、この類似度の値によって画像領域 1 1 1 における第 1 の構造と地図 1 0 1 における第 2 の構造との類似性が記述される（ステップ 5 0 3）。

40

【 0 0 8 7 】

次のステップ 5 0 4 において、中間類似値の最も大きな値を有し、従って互いに最も類似している基本要素の対が第 1 の構造乃至は第 2 の構造から選択される。

【 0 0 8 8 】

選択された基本要素に対して正準座標系が各地図において形成され、この正準座標系の横座標が各基本要素によって形成される（ステップ 5 0 5）。

【 0 0 8 9 】

次のステップ 5 0 6 では次いでマッピング度（Abbildungsmass）が算出される。このマッ

50

ピング度によって、これらの選択された基本要素に対して、第１の構造の基本要素の座標系をそれぞれ他の構造の基本要素の座標系にマッピングするためには、どのくらいの大きさの並進乃至は回転が必要であるかが算出される。

【００９０】

すなわち、具体的には、ステップ５０６において、それぞれ他の構造の選択された基本要素の座標系に「適合」するために、第１の構造の選択された基本要素の座標系がどのくらいシフト乃至は「回転」されなければならないか、がそれぞれ算出される。

【００９１】

予め設定された地図における次のような領域が選択される。すなわち、この領域のマッピング度及び/又はこの領域の類似度が第１の構造の基本要素の座標系と比較して最小であるような領域が選択される。

10

【００９２】

選択された基本要素から出発して、他の基本要素が対毎に（すなわち、それぞれ第１の構造の基本要素及び第２の構造の基本要素）選択される。これらの他の基本要素の類似度の値は予め設定可能な閾値よりも大きい。

【００９３】

こうしてロボット２０１には自分が地図１０１の内部のどこに存在するのかが分かる。

【００９４】

従って、最後のステップ５０７において予め設定された地図１０１におけるこのロボット２０１が存在する領域が決定される。

20

【００９５】

次に上記の実施例の幾つかの代替案を示す。

【００９６】

上記の方法は２つの構造の一般的な比較にも使用される。例えば、撮影された画像と物理的オブジェクトのモデルとの比較に対しても使用される。

【００９７】

この例はロボット２０１が把持すべきドアの握りのモデルに見られる。

【００９８】

ロボット２０１の計算ユニット２０３のメモリ２０８にはドアの握り４０２のモデル４０１が記憶されている。

30

【００９９】

構造比較は上記のやり方で行われ、ロボット２０１のスキャナがその周囲の画像を撮影し、ドアの握りのモデル４０１の構造に類似する構造をサーチする。このような構造がもとめられると、ロボット２０１の把持アーム４０３がドア４０４に取り付けられているドアの握り４０１を把持することができる。

【０１００】

本発明の方法の他の使用可能性は、データバンクの領域に見られる。データバンクも同様にデータが格納されている構造を有する。従って、具体的には格納されたデータバンクの構造がサーチされる構造と上記のやり方で比較され、データバンクの構造のこの幾何学的な解釈によってこのデータバンクの部分がもとめられる。この結果、探索の枠内でデータバンクにおける探索結果の高い信頼性が保証される。

40

【０１０１】

さらに、本発明の方法はロボット２０１による地図１０１の連続的な構成のためにも使用される。この場合、本発明の方法は、このロボット２０１がかつていた場所にいつ到達するのかを検査するために使用される。この場合、ロボットはその都度画像の撮影とこの構成に存在する地図１０１の記憶された構造データとを比較する。

【０１０２】

本発明の方法は一般的にパターン認識乃至は画像処理の枠内でも使用でき、本発明の方法を実施するための所要計算時間はパターン認識における周知の方法に比べて大幅に低減される。

50

## 【 0 1 0 3 】

この明細書の枠内において次の刊行物が引用された：

## 【 0 1 0 4 】

## 【 外 1 】

- [1] M. Bierling, Displacement Estimation by Hierarchical Blockmatching, SPIE, Vol. 1001, Visual Communications and Image Processing '88, S. 942 - 951, 1988

- [2] O. Karch und H. Noltemeier, Autonome Mobile Systeme 1996, G. Schmidt und F. Freyberger, (Hg.), Zum Lokalisationsproblem für Roboter, Springer Verlag, ISBN 3-54061-751-5, S. 128 - 137, 1996

10

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 ロボットが自らを配向しなければならない廊下の概略図（図 1 a）ならびにこのロボットの撮影のシンボリックな概略図及びこのロボットの地図への変換を示しており、この地図を算出する際のエラー及び図 1 a の実際の廊下と比べた場合のこのエラーの廊下の図への影響が図示されている（図 1 b）。

20

【図 2】 撮影手段を有するロボットの概略図を示す。

【図 3】 それぞれ異なる周囲情報タイプ及び周囲情報特徴を有する基本要素の概略図を示す。

【図 4】 構造が物理的オブジェクトのモデルである本発明の方法の適用事例における概略図を示す。

【図 5】 実施例の方法ステップが図示されているフローチャートを示す。

## 【符号の説明】

- 1 0 1 地図
- 1 0 2 廊下
- 1 0 3 壁
- 1 0 4 障害物
- 1 0 5 角
- 1 0 6 角
- 1 0 7 角
- 1 1 0 位置
- 1 1 1 画像領域
- 2 0 1 ロボット
- 2 0 2 レーザスキャナ
- 2 0 3 計算ユニット
- 2 0 4 接続線路
- 2 0 5 接続線路
- 2 0 6 入力側/出力側インターフェース
- 2 0 7 バス
- 2 0 8 メモリ
- 2 0 9 プロセッサ
- 3 0 1 基本要素
- 3 0 2 周囲情報
- 3 0 3 第 1 の他の基本要素
- 3 0 4 第 2 の他の基本要素

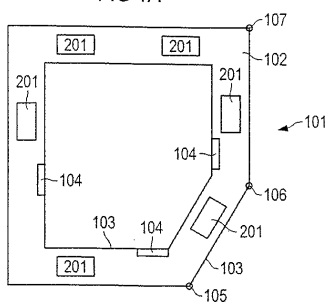
30

40

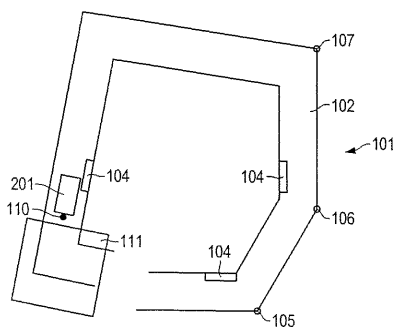
50

- 3 1 0 平行な他の基本要素
- 3 1 1 正確な平行線
- 3 2 0 点
- 3 2 1 点
- 3 2 2 ライン構造
- 4 0 1 モデル
- 4 0 1 ドアの握り
- 4 0 3 把持アーム
- 4 0 4 ドア

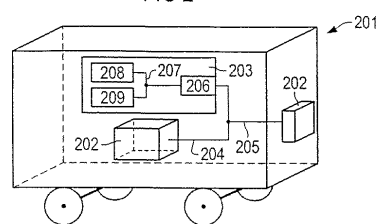
【図 1 A】  
FIG 1A



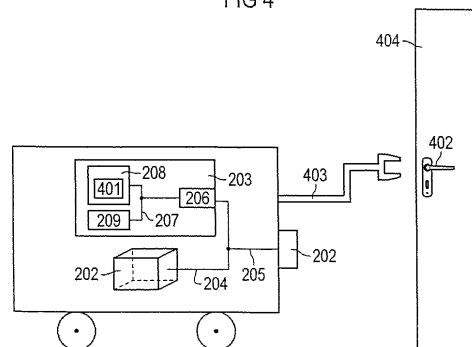
【図 1 B】  
FIG 1B



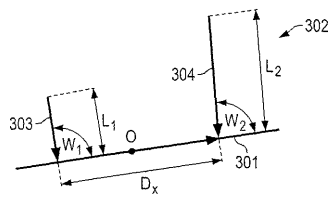
【図 2】  
FIG 2



【図 4】  
FIG 4

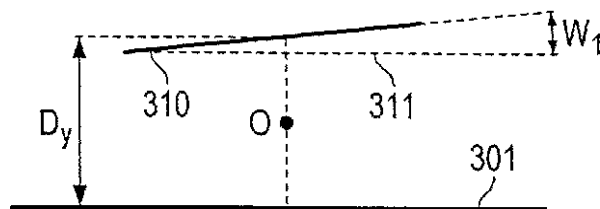


【図 3 A】  
FIG 3A



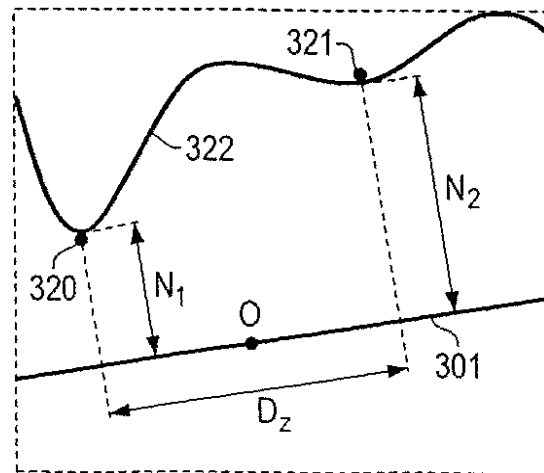
【図 3 B】

FIG 3B

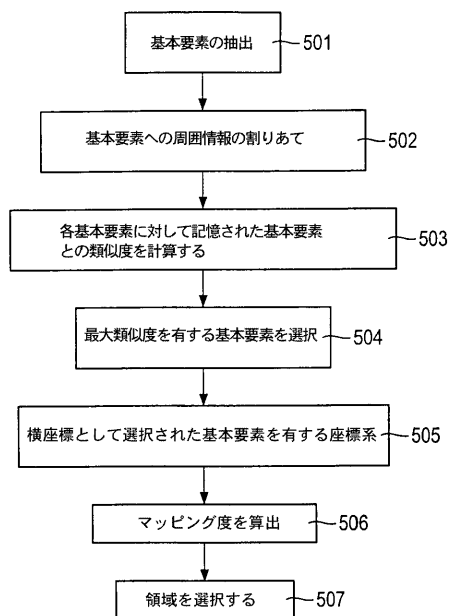


【図 3 C】

FIG 3C



【図 5】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100128679

弁理士 星 公弘

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(72)発明者 ヴェンデリン ファイテン

ドイツ連邦共和国 ノイビベルク マックス - レーフ - シュトラーセ 47

(72)発明者 ヴォルフガング レンケン

ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ツィングタウアーシュトラーセ 86アー

合議体

審判長 加藤 恵一

審判官 吉村 博之

審判官 古川 哲也

(56)参考文献 特開平4 - 306499 (JP, A)

特開平10 - 109290 (JP, A)