

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008 年 8 月 21 日 (21.08.2008)

PCT

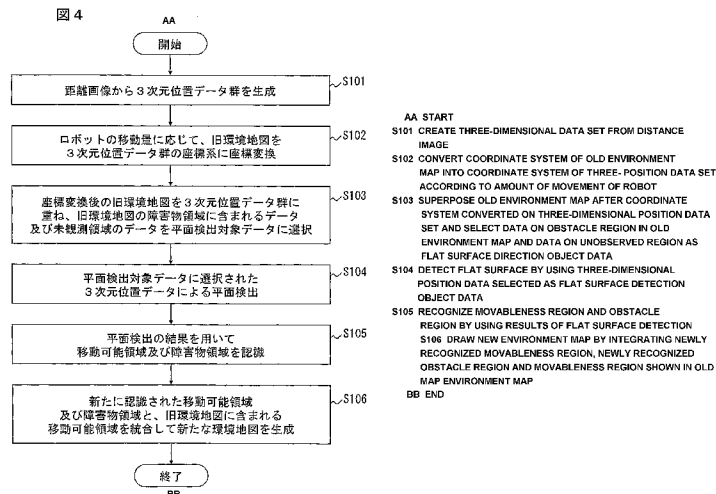
(10) 国際公開番号
WO 2008/099652 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 1/02 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)
G06T 17/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/051029
- (22) 国際出願日: 2008 年 1 月 18 日 (18.01.2008)
- (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 2007-031877 2007 年 2 月 13 日 (13.02.2007) 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
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高岡 豊
- (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 3 番 8 アサヒビルディング 10 階 響国際特許事務所 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, KE, KG, KM, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: ENVIRONMENT MAP DRAWING METHOD AND MOBILE ROBOT

(54) 発明の名称: 環境地図の生成方法及び移動ロボット



(57) Abstract: A mobile robot (100) for drawing an environment map in a reduced computation time. The mobile robot (100) creates a three-dimensional position data set of an external environment by using measurement information collected by a range sensor (10); selects at least three-dimensional position data on a region shown in an old environment map defined in the past as an obstacle region and three-dimensional position data on an unobserved region not shown in the old environment map according to the old environment map and the amount of movement of the robot, out of the three-dimensional position data included in the three-dimensional position data set, as flat surface detection object data; carries out flat surface detection by using the flat surface detection object data; recognizes a movableness region and the obstacle region represented by the flat surface detection object data by using the results of the flat surface detection; and lastly draws a new environment map by integrating the movableness region and the obstacle region recognized by using the results of the flat surface detection and the regions which are defined as movableness regions shown in the old environment map.

(57) 要約: 移動ロボットにおける環境地図の生成に要する演算時間を短縮するため、移動ロボット (100) は、レンジセンサ (10) により得られた計測情報を用いて外部環境の 3 次元位置データ群を生成し、過去に生成された旧環境地図及びロボット (100) の移動量に基づいて、3 次元位置データ群に含まれる 3 次元位

[続葉有]

WO 2008/099652 A1



(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,

SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

置データのうち、少なくとも、旧環境地図において障害物領域とされた領域に属する3次元位置データ、及び、旧環境地図に含まれていない未観測領域に属する3次元位置データを平面検出対象データに選択し、平面検出対象データを用いて平面検出を実行し、平面検出の結果を用いて、平面検出対象データに含まれる移動可能領域及び障害物領域を認識し、最後に、平面検出の結果を用いて認識された移動可能領域及び障害物領域と、旧環境地図において移動可能領域とされた領域を統合して新たな環境地図を生成する。

明 細 書

環境地図の生成方法及び移動ロボット

5

技術分野

[0 0 0 1]

本発明は、移動ロボットが移動する環境に関する地図情報（以下、環境地図と呼ぶ）を移動ロボットの移動に応じて逐次生成する
10 方法に関する。

背景技術

[0 0 0 2]

自律的に移動経路を判断して移動する移動ロボットは、環境地図
15 図が予め与えられている場合を除き、ステレオカメラやレンジセンサ等の視覚センサによって得られる計測データを用いて環境地図を生成することが必要である。さらに、移動ロボットの移動に応じて移動ロボットの周囲環境は刻々と変化するため、移動ロボットは、自身の移動に伴って、環境地図を生成する処理を繰り返し
20 返し実行する必要がある。

[0 0 0 3]

例えば、脚式移動ロボットの歩行は、環境地図を参照することによって足平を着地可能な領域を判断し、足平の着地位置を順次計画することで実現される。したがって、脚式移動ロボットは、
25 足平を着地可能な床面に属する領域とそれ以外の障害物領域とを区別することが可能な環境地図を生成する必要がある。このような環境地図の具体例は、ステレオカメラやレンジセンサ等の視覚センサによって得られた視差画像、計測対象との距離情報等の

計測情報をもとに算出された 3 次元位置データ群から平面群を検出することで得られる環境地図である。例えば特許文献 1 には、3 次元位置データ群から平面パラメータを算出することで、脚式移動ロボットの足平が接している床面を含む複数平面を検出し、
5 これら複数平面の検出結果を用いて障害物領域と移動可能領域とが特定された環境地図を生成する技術が開示されている。

[特許文献 1] 特開 2 0 0 5 - 9 2 8 2 0 号公報

[特許文献 2] 特開平 2 - 2 2 4 9 8 6 号公報

10 発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0 0 0 4]

3 次元位置データ群から平面を検出する手法としてハフ変換を用いた平面検出手法やランダムサンプリングによる平面検出
15 手法などが知られている。しかしながら、従来知られているいずれの平面検出手法によっても、平面パラメータを推定するためのアルゴリズムの実行に要する計算量は大きなものである。従来の移動ロボットは、3 次元位置データ群が得られるたびに、3 次元位置データ群の全体領域、つまり 3 次元位置データ群の全ての計
20 測点の位置情報を用いて平面検出を実行することで環境地図を生成している。このため、環境地図の生成に要する演算時間が長く、環境地図の生成待ち時間が移動ロボットの高速移動の制約になる等の問題がある。

[0 0 0 5]

25 本発明は、上述した事情を考慮してなされたものであり、環境地図の生成に要する演算時間を短縮させることが可能な環境地図の生成方法及び移動ロボットの提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0 0 0 6]

本発明の第 1 の態様にかかる環境地図の生成方法は、移動ロボットが移動を行う環境に関して、障害物が存在する障害物領域と
5 前記移動ロボットが移動可能と推定される移動可能領域とが特定された環境地図を生成する方法ある。本態様にかかる方法は、
(1) 視覚センサにより得られた計測情報を用いて、前記環境に存在する計測対象の位置を示す 3 次元位置データ群を生成する処理と、(2) 過去に生成された前記環境地図である旧環境地図
10 及び前記移動ロボットの移動量に基づいて、前記 3 次元位置データ群に含まれる 3 次元位置データのうち、少なくとも、前記旧環境地図において障害物領域とされた領域に属する 3 次元位置データ、及び、前記旧環境地図に含まれていない未観測領域に属する 3 次元位置データを平面検出対象データに選択する処理と、
15 (3) 前記平面検出対象データを用いて平面検出を実行する処理と、(4) 前記平面検出の結果を用いて、前記平面検出対象データに含まれる移動可能領域及び障害物領域を認識する処理と、
(5) 前記平面検出の結果を用いて認識された移動可能領域及び障害物領域と、前記旧環境地図において移動可能領域とされた領域
20 域を統合して新たな環境地図である新環境地図を生成する処理とを含む。

[0 0 0 7]

このように、過去に行われた平面検出結果、具体的にはこれが反映された旧環境地図を利用して、3 次元位置データ群の中から
25 平面検出対象データを選択する。これによって、前に平面検出を行ったのと同じ領域に属する 3 次元位置データに対して繰り返し平面検出を行わなくて済む。したがって、平面検出に要する演算量を大きく削減することができ、新環境地図の生成に要する時

間を短縮することができるため、環境地図の生成待ち時間が移動ロボットの高速移動の制約となることを緩和させることができる。

[0 0 0 8]

- 5 本発明の第 2 の態様にかかる方法は、前記本発明の第 1 の態様にかかる方法において、前記平面検出対象データの選択を、前記移動ロボットの移動量に応じて前記旧環境地図の座標系を前記 3 次元位置データ群の座標系に変換し、座標変換された前記旧環境地図と前記 3 次元位置データ群との重なりを判定することにより行うものである。これにより、新たに生成された 3 次元位置データ群のうち、旧環境地図の生成に際して平面検出の対象とされているデータを速やかに判定することができる。
- 10

[0 0 0 9]

- 15 本発明の第 3 の態様にかかる方法は、前記本発明の第 1 又は第 2 の態様にかかる方法における平面検出対象データの選択において、前記旧環境地図において障害物領域とされた領域の近傍に位置する 3 次元位置データを前記平面検出対象データに含めるものである。旧環境地図における障害物領域の周辺データまで含めて平面検出を行うことで、障害物領域の認識精度を向上させることができる。
- 20

[0 0 1 0]

- 25 本発明の第 4 の態様にかかる移動ロボットは、障害物が存在する障害物領域と障害物がなく移動可能と推定される移動可能領域とが特定された環境地図を利用することで障害物が存在する環境内を移動する移動ロボットである。当該移動ロボットは、前記環境を視覚的に認識する視覚センサと、前記視覚センサにより得られる計測情報を用いて、前記環境に存在する計測対象の位置を示す 3 次元位置データ群を生成する 3 次元位置データ生成部

と、過去に生成された前記環境地図である旧環境地図及び前記移動ロボットの移動量に基づいて、前記環境の３次元位置データ群の中から平面検出の対象とする平面検出対象データを選択する平面検出対象データ選択部と、前記平面検出対象データを用いて
5 平面検出を行う平面検出部と、前記平面検出の結果を用いて、前記平面検出対象データに含まれる移動可能領域及び障害物領域を認識する領域認識部と、前記領域認識部により認識された移動可能領域及び障害物領域と、過去に生成された環境地図において障害物領域とされた領域を統合して新たな環境地図である新環境
10 地図を生成する環境地図更新生成部とを有する。

[0 0 1 1]

つまり、本発明の第４の態様にかかる移動ロボットは、過去に行われた平面検出結果、具体的にはこれが反映された旧環境地図を利用して、３次元位置データ群の中から平面検出対象データを選択する。このため、前に平面検出を行ったのと同じ領域に属する
15 ３次元位置データに対して繰り返し平面検出を行わなくて済む。したがって、平面検出に要する演算量を大きく削減することができるため、環境地図の生成待ち時間が移動ロボットの高速移動の制約
20 となることを緩和させることができる。

[0 0 1 2]

本発明の第５の態様にかかる移動ロボットは、前記本発明の第４の態様にかかる移動ロボットにおいて、前記平面検出対象データ選択部が、前記３次元位置データ群に含まれる３次元位置データのうち、少なくとも、前記旧環境地図において前記障害物領域
25 とされた領域に属する３次元位置データ、及び、前記旧環境地図に含まれていない未観測領域に属する３次元位置データを前記平面検出対象データに選択するものである。これにより、平面検

出対象データのデータ量を削減しつつ、かつ、障害物領域の認識精度を向上させることができる。

[0 0 1 3]

本発明の第 6 の態様にかかる移動ロボットは、前記本発明の第 4 又は第 5 の態様にかかる移動ロボットにおいて、前記平面検出対象データ選択部が、前記移動ロボットの移動量に応じて前記旧環境地図の座標系を前記 3 次元位置データ群の座標系に変換し、座標変換された前記旧環境地図と前記 3 次元位置データ群との重なりを判定することで前記平面検出対象データの選択を行うものである。これにより、新たに生成された 3 次元位置データ群のうち、旧環境地図の生成に際して平面検出の対象とされているデータを速やかに判定することができる。

[0 0 1 4]

本発明の第 7 の態様にかかる移動ロボットは、前記本発明の第 4 乃至第 6 の態様のいずれかにかかる移動ロボットにおいて、前記平面検出対象データ選択部が、前記旧環境地図において障害物領域とされた領域の近傍に位置する 3 次元位置データを前記平面検出対象データに含めるよう構成されたものである。旧環境地図における障害物領域の周辺データまで含めて平面検出を行うことで、障害物領域の認識精度を向上させることができる。

[0 0 1 5]

本発明の第 8 の態様にかかる移動ロボットは、前記本発明の第 4 乃至第 7 の態様のいずれかにかかる移動ロボットにおいて、前記視覚センサが、2 次元画像における各画素の画素値として距離値を有する距離画像が前記計測情報として得られるレンジセンサ、又は、視差画像が前記計測情報として得られるステレオカメラとして構成されたものである。

発明の効果

[0 0 1 6]

本発明により、環境地図の生成に要する演算時間を短縮させることが可能な環境地図の生成方法及び移動ロボットを提供できる。

図面の簡単な説明

[0 0 1 7]

[図 1] 本発明の実施の形態にかかる脚式移動ロボットのモデル図である。

[図 2] 本発明の実施の形態にかかる脚式移動ロボットが有する制御系のブロック構成図である。

[図 3 A] 本発明の実施の形態にかかる脚式移動ロボットが移動する環境の一例を示す図である。

[図 3 B] 本発明の実施の形態にかかる脚式移動ロボットが移動する環境の環境地図の一例を示す図である。

[図 4] 本発明の実施の形態にかかる環境地図生成装置の処理内容を示すフローチャートである。

[図 5 A] 本発明の実施の形態にかかる環境地図生成方法を説明するための図である。

[図 5 B] 本発明の実施の形態にかかる環境地図生成方法を説明するための図である。

[図 6 A] 本発明の実施の形態にかかる環境地図生成方法を説明するための図である。

[図 6 B] 本発明の実施の形態にかかる環境地図生成方法を説明するための図である。

[図 6 C] 本発明の実施の形態にかかる環境地図生成方法を説明するための図である。

〔図 6 D〕本発明の実施の形態にかかる環境地図生成方法を説明するための図である。

符号の説明

- 5 〔 0 0 1 8 〕
- 1 環境地図生成装置
- 1 0 レンジセンサ
- 1 1 3次元位置データ生成部
- 1 2 データ選択部
- 10 1 3 平面検出部
- 1 4 領域認識部
- 1 5 環境地図更新生成部
- 1 6 歩行計画部
- 1 7 動作生成部
- 15 1 8 制御部
- 1 9 アクチュエータ
- 2 0 エンコーダ
- 1 0 0 脚式移動ロボット
- 1 0 1 頭部
- 20 1 0 2 ～ 1 2 9 関節
- 1 3 1 R、1 3 1 L 足平
- 1 4 1 R、1 4 1 L 手部
- 1 6 0 環境
- 1 6 1 障害物
- 25 P 1 1 床面
- 2 0 0 環境地図
- L R 右脚リンク
- L L 左脚リンク

A R 右腕リンク

A L 左腕リンク

B D 体幹部

5 発明を実施するための最良の形態

[0 0 1 9]

以下では、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図面において、同一要素には同一の符号が付されており、説明の明確化のため、必要に応じて重複説明は省略される。

[0 0 2 0]

発明の実施の形態 1 .

本実施の形態にかかるロボット 1 0 0 は、2つの脚リンクを有する脚式移動ロボットである。さらに、ロボット 1 0 0 は環境地図生成装置 1 を有する。環境地図生成装置 1 は、視覚センサとしてのレンジセンサ 1 0 により得られる距離画像を入力して、障害物が存在する障害物領域と、障害物がなくロボット 1 0 0 の移動が可能と推定される移動可能領域とが特定された環境地図を生成する装置である。ロボット 1 0 0 は、環境地図生成装置 1 によって生成された環境地図を参照することにより、ロボット 1 0 0 の2つの脚リンクそれぞれの先端に設けられた足平の着地位置を決定する。さらに、ロボット 1 0 0 は、決定された足平着地位置を実現するための動作データを生成し、生成された動作データをもとにロボット 1 0 0 の関節群をアクチュエータによって駆動することで歩行する。

[0 0 2 1]

まず始めに図 1 を参照してロボット 1 0 0 の関節自由度について説明する。図 1 は、ロボット 1 0 0 を関節と関節間を繋ぐリ

リンクによって示したモデル図である。ロボット 100 は、頭部 101、2 本の脚リンク LR 及び LL、2 本の腕リンク AR 及び AL、並びに、これらが連結される体幹部 BD により構成されている。

5 [0 0 2 2]

ロボット 100 の頭部 101 には、外部環境の距離画像データを取得するレンジセンサ 10 が設けられている。なお、距離画像データとは、環境に存在する計測対象までの距離値を各画素の画素値として有する 2 次元データである。

10 [0 0 2 3]

頭部 101 を支持する首関節は、ロール方向の関節 102、ピッチ方向の関節 103 及びヨー方向の関節 103 を有する。右腕リンク AR は、肩のピッチ方向の関節 105、肩のロール方向の関節 106、上腕のヨー方向の関節 107、肘のピッチ方向の関節 108、手首のヨー方向の関節 109 を有し、右腕リンク AR の末端には手部 141R が設けられている。なお、手部 141R の機構は、保持する物体の形状、種別等によっては決定すればよく、例えば、複数本の指を有する多関節かつ多自由度を有する構造としてもよい。

20 [0 0 2 4]

左腕リンク AL は、右腕リンク AR と同様の構造を有する。具体的には、左腕リンク AL は、5 つの関節 110 乃至 114 を有し、その末端に手部 141L を有する。

 [0 0 2 5]

25 右脚リンク LR は、腰のヨー方向の関節 118、腰のピッチ方向の関節 119、腰のロール方向の関節 120、膝のピッチ方向の関節 121、足首のピッチ方向の関節 122、足首のロール方向の関節 123 を有する。足首の関節 123 の下部には、歩行面

と接する足平 1 3 1 R が設けられている。

[0 0 2 6]

左脚リンク L L は、右脚リンク L R と同様の構造を有する。具体的には、左脚リンク L L は、6 個の関節 1 2 4 乃至 1 2 9 を有し、その末端に足平 1 3 1 L を有する。

[0 0 2 7]

体幹部 1 4 3 は、ヨー方向の関節 1 1 5、ロール方向の関節 1 1 6 及びピッチ方向の関節 1 1 7 を有する。

[0 0 2 8]

続いて以下では、ロボット 1 0 0 を歩行させるための制御系について説明する。ロボット 1 0 0 の制御系の構成を図 2 に示す。図 2 において、レンジセンサ 1 0 は、上述したように、ロボット 1 0 0 の外部環境の距離画像データを取得する。なお、レンジセンサ 1 0 に代えてステレオカメラを視覚センサとして用いてもよい。つまり、C C D (Charge Coupled Device) イメージセンサ又は C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ等の撮像素子を備えた複数のカメラを備え、これら複数のカメラによって撮影された画像の視差を利用して距離画像データを生成してもよい。より具体的には、複数のカメラによって撮影した画像データから対応点を検出し、ステレオ視によって対応点の 3 次元位置を復元する。ここで、複数の撮影画像における対応点の探索は、複数の撮影画像に対する時空間微分の拘束式を用いた勾配法や相関法等の公知の手法を適用して行えばよい。

[0 0 2 9]

環境地図生成装置 1 は、3 次元位置データ生成部 1 1、データ選択部 1 2、平面検出部 1 3、領域認識部 1 4 及び環境地図更新生成部 1 5 を有する。3 次元位置データ生成部 1 1 は、距離画像

データの座標変換を行って3次元位置データ群を生成する。なお、3次元位置データ群とは、距離画像データに含まれる多数の計測点の位置ベクトルを3次元直交座標系で表したデータの集合である。

5 [0 0 3 0]

データ選択部12は、過去に生成された旧環境地図を参照することによって、3次元位置データ群のなかから後述する平面検出部13による平面検出処理に使用するデータ(平面検出対象データ)を選択する。さらに具体的に述べると、旧環境地図を3次元位置データ群に重ねることで、旧環境地図において障害物領域とされた領域に属する3次元位置データと、旧環境地図に含まれていない未観測領域に属する3次元位置データとを平面検出対象データに選択する。なお、旧環境地図の3次元位置データ群への重ね合わせは、旧環境地図が生成されてから3次元位置データ群の基礎となる距離画像が取得されるまでのロボット100の移動量に応じて、旧環境地図を移動させるための座標変換を行えばよい。

[0 0 3 1]

平面検出部13は、データ選択部12により選択された3次元位置データ群より平面を検出する。なお、多数の計測点(3次元位置データ群)から平面の方程式を表す3つのパラメータ(平面パラメータ)を検出するために、ハフ変換法やランダムサンプリング法が従来から用いられている。本実施の形態における平面検出には、従来から知られているこれらの手法を適用すればよい。

25 [0 0 3 2]

領域認識部14は、平面検出部13による平面検出結果をもとに、床面領域をロボット100が歩行可能な移動可能領域として認識し、床面とは別の平面が含まれる領域を障害物領域として認

識する。なお、床面とは、ロボット 100 の足平 131 R 及び L が接している平面を意味する。ただし、このような領域認識は一例である。例えば、床面とは高さが異なる平面や斜面であっても、床面との高さの差が所定の値より小さい場合に足平 131 R 及び L を着地させることが可能であれば、これらの平面を移動可能領域として認識してもよい。またさらに、検出された平面の面積と足平 131 R 及び L の面積とを比較した結果によって、その平面を移動可能領域として認識するかを決定してもよい。

[0033]

- 10 環境地図更新生成部 15 は、領域認識部 14 によって認識された移動可能領域及び障害物領域と、過去に生成された環境地図である旧環境地図に含まれる移動可能領域を統合して新たな環境地図である新環境地図を生成する。

[0034]

- 15 例えば、図 3 A に示す環境 160 をロボット 100 が歩行する場合、床面に相当する平面 P1 及び障害物 161 の上面に相当する平面 P2 が平面検出部 13 により検出される。また、領域認識部 14 によって、平面 P1 が移動可能領域として認識され、平面 P2 が障害物領域として認識される。このとき、環境地図更新生成部 15 によって生成される環境地図は、図 3 B に示すようになる。図 3 B の環境地図 200 は、各グリッドのデータとして領域種別を示す情報、つまり移動可能領域であるか障害物領域であるかを示す識別情報が保持される。図 3 B の例では、床面 P11 に対応する領域 R11 が移動可能領域であり、障害物 161 に対応する領域 R12 (図 3 B の斜線領域) が障害物領域である。
- 20
- 25

[0035]

図 2 に戻り説明を続ける。歩行計画部 16 は、環境地図生成装置 1 によって生成された環境地図を参照して目標位置を決定し、

決定した目標位置に到達するための足平 1 3 1 R 及び L の着地位置を算出する。

[0 0 3 6]

動作生成部 1 7 は、歩行計画部 1 6 によって生成された足平 1
5 3 1 R 及び L の着地位置を実現するための動作データを生成する。ここで、動作データとは、ロボット 1 0 0 の Z M P 位置、重心位置、足平 1 3 1 R 及び L の位置及び姿勢、並びに、体幹部 B D の位置及び姿勢を含む。

[0 0 3 7]

10 制御部 1 8 は、動作生成部 1 7 によって生成された動作データを入力し、逆運動学演算によって各関節の目標関節角度を算出する。さらに、制御部 1 8 は、算出した目標関節角度とエンコーダ 2 0 によって計測した現在の関節角度をもとに各関節を駆動するためのトルク制御値を算出する。制御部 1 8 によって算出され
15 たトルク制御値に従って各関節を駆動するためのアクチュエータ 1 9 を動作させることにより、ロボット 1 0 0 の歩行が行われる。

[0 0 3 8]

続いて以下では、環境地図生成装置 1 による環境地図の生成手
20 順の詳細を図 4 乃至 6 D を用いて説明する。図 4 は、環境地図生成装置 1 による環境地図の生成手順を示すフローチャートである。始めに、ステップ S 1 0 1 では、3 次元位置データ生成部 1 1 が、レンジセンサ 1 0 によって取得された距離画像データを用いて 3 次元位置データ群を生成する。ステップ S 1 0 2 では、デ
25 ータ選択部 1 2 が、ロボット 1 0 0 の移動量に応じて、旧環境地図を 3 次元位置データ群に重ね合わせるための座標変換を実行する。

[0 0 3 9]

ステップ S 1 0 3 では、データ選択部 1 2 が、座標変換後の旧環境地図を 3 次元位置データ群に重ねることで、後に実行される平面検出の対象とすべきデータを 3 次元位置データ群の中から選択する。具体的には、旧環境地図の障害物領域に含まれるデータ及び旧環境地図に含まれない未観測領域のデータが平面検出対象データとして選択される。なお、旧環境地図の移動可能領域（つまり、足平 1 3 1 R 及び L が接している床面に相当する領域）に含まれる 3 次元位置データは、データ選択部 1 2 によって、そのまま移動可能領域に分類される。

10 [0 0 4 0]

ステップ S 1 0 4 では、平面検出部 1 3 が、平面検出対象データとして選択された 3 次元位置データから平面を検出する。ステップ S 1 0 5 では、領域認識部 1 4 が、平面検出部 1 3 による平面検出結果をもとに、床面領域をロボット 1 0 0 が歩行可能な移動可能領域として認識し、床面とは別の平面が含まれる領域を障害物領域として認識する。最後に、ステップ S 1 0 6 では、環境地図更新生成部 1 5 が、新たに認識された移動可能領域及び障害物領域と、旧環境地図に含まれる移動可能領域を統合して新たな環境地図を生成する。

20 [0 0 4 1]

なお、上述した 3 次元位置データ生成部 1 1、データ選択部 1 2、平面検出部 1 3、領域認識部 1 4 及び環境地図更新生成部 1 5 により実行される処理は、典型的なコンピュータシステムを用いて実現可能である。具体的には、一定の時間間隔で発生するタイマ割り込みに応じて、図 4 のフローチャートに示した処理をコンピュータシステムに行わせるためのプログラムをコンピュータシステムに実行させればよい。なお、図 4 のフローチャートに示した処理をコンピュータシステムに実行させるためのプログ

ラムは、1 のプログラムである必要はなく、処理内容により分割された複数のプログラムモジュールによって構成されてもよい。

[0 0 4 2]

次に、図 5 A 乃至図 6 D を用いて本発明の実施の形態にかかる
5 環境地図生成方法によって達成される環境地図の生成に要する演算時間の短縮効果について説明する。図 5 A 及び B は、ロボット 1 0 0 により生成される 3 次元地図データ群の一例を示している。なお、図 5 A 及び B は、床面に平行な x y 平面に 3 次元位置データ群がプロットされたものであり、プロットされた各点に
10 ついて高さ情報（z 軸方向の位置情報）が存在する。

[0 0 4 3]

図 5 A の画像は、旧環境地図の生成に使用される 3 次元位置データ群であるため、ここでは、前フレーム（ $i - 1$ フレーム）と呼ぶ。一方、図 5 B の画像は、前フレーム（ $i - 1$ フレーム）より
15 り後に生成される 3 次元位置データ群であるため、ここでは、現フレーム（ i フレーム）と呼ぶ。図 5 A に記載したロボット 1 0 0 が前方（矢印 5 0 の方向）に移動することで、前フレームと現フレームとでは 3 次元位置データ群が変化する。なお、図 5 A 及び B において破線で囲まれた領域は、床面 P 1 1 から見て凸段差
20 である障害物 1 6 1 を表している。

[0 0 4 4]

次に、図 5 B の 3 次元位置データ P_i から平面検出対象データがどのように選択されるかについて図 6 A 乃至 D を用いて説明する。図 6 A 及び B は、図 5 A 及び B と同一の前フレームの 3 次元位置データ P_{i-1} 及び現フレームの 3 次元位置データ P_i を
25 示している。図 6 C は、図 6 A の 3 次元位置データ P_{i-1} をもとに生成された環境地図 M_{i-1} を示している。環境地図 M_{i-1} において、領域 R 2 1 は、床面 P 1 1 に対応する移動可能領域で

ある。また、領域 R 2 2 は、障害物 1 6 1 に対応する障害物領域である。

[0 0 4 5]

図 6 D は、環境地図 M_{i-1} を座標変換した $F(M_{i-1})$ を現
5 フレームの 3 次元位置データ P_i に重ねることによって、平面検
出対象データが選択される様子を示す概念図である。環境地図 M_{i-1} の座標変換 $F(M_{i-1})$ は、以下の (1) 式により一般的
に表される。(1) 式において R は回転行列であり、 t は平行移
動ベクトルである。回転行列 R 及び平行移動ベクトル t は、エン
10 コーダ 2 0 等の計測情報より得られるロボット 1 0 0 の移動量
及び姿勢変化を反映して決定される。

$$F(M_{i-1}) = RM_{i-1} + t \quad (1)$$

[0 0 4 6]

図 6 D の破線領域は座標変換された環境地図 $F(M_{i-1})$ を
15 示している。また、図 6 D の実線で囲まれた領域 R 3 1 及び R 3
2 は、平面検出対象データとされる領域を示している。ここで、
領域 R 3 1 は、環境地図 M_{i-1} に含まれていない未観測領域で
ある。一方、領域 R 3 2 は、環境地図 M_{i-1} における障害物領
域 R 2 2 を含むよう選択された領域である。なお、領域 R 3 2 の
20 ように、前フレームの障害物領域 R 2 2 の周辺データまで含めて
平面検出を行うことで、平面検出対象データのデータ量は大きく
なるもの、障害物領域の認識精度を向上させることができる利点
がある。

[0 0 4 7]

25 図 6 D に示すように、前フレームの平面検出結果、具体的には
これが反映された環境地図 M_{i-1} における移動可能領域 (領域
R 2 1) の大部分を新たな平面検出の対象から除外することによ

り、平面検出に要する演算量を大きく削減することができる。

[0 0 4 8]

以上に述べたように、本実施の形態にかかるロボット 1 0 0 は、過去に行われた平面検出結果が反映された旧環境地図を利用して、3次元位置データ群の中から平面検出対象データを選択する。これにより、前に平面検出を行ったのと同じ領域に属する3次元位置データに対して繰り返し平面検出を行わなくて済むため、平面検出に要する演算量を大きく削減することができる。したがって、環境地図の生成に要する時間を短縮することができるため、環境地図の生成待ち時間がロボット 1 0 0 の高速移動の制約となることを緩和することができる。

[0 0 4 9]

その他の実施の形態.

発明の実施の形態 1 では、ロボット 1 0 0 が、図 3 B に示すような環境地図を生成することとした。つまり、図 3 B の環境地図 2 0 0 は、各グリッドのデータとして領域種別、つまり移動可能領域であるか障害物領域であるかを示す識別情報が保持する。しかしながら、このような環境地図の構成は一例に過ぎない。例えば、図 3 B と同様の 2 次元の環境地図において、各グリッドのデータとして、z 軸方向の高さを保持してもよい。また、各グリッドのデータとして、各グリッドが属する平面を一意に識別可能な平面 ID を保持してもよいし、各グリッドが属する平面の法線ベクトル (n_a, n_b, n_c) の値を保持してもよい。このような環境地図によっても、足平 1 3 1 R 及び L が接している床面と同じ平面又は床面との高さの差が所定範囲内である平面を移動可能領域とし、それ以外の平面を障害物領域と判定することで、移動可能領域及び障害物領域を特定可能である。

[0 0 5 0]

また、発明の実施の形態 1 では、旧環境地図の障害物領域又は旧環境地図に含まれていない未観測領域に属する 3 次元位置データを平面検出対象データとした。しかしながら、例えば、未観測領域に属する 3 次元位置データのみを平面検出対象データとしてもよい。これにより、平面検出対象データのデータ量をより
5 いっそう削減できる。

[0 0 5 1]

また、発明の実施の形態 1 は、脚式移動ロボットに本発明を適用した一例を示したが、車輪等のその他の移動手段を有する移動
10 ロボットに対しても本発明を適用可能である。

[0 0 5 2]

さらに、本発明は上述した実施の形態のみに限定されるものではなく、既に述べた本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であることは勿論である。

15

産業上の利用可能性

[0 0 5 3]

本発明は、移動ロボットが移動する環境に関する地図情報（以下、環境地図と呼ぶ）を移動ロボットの移動に応じて逐次生成する
20 方法に適用することができる。

請 求 の 範 囲

1. 移動ロボットが移動を行う環境に関して、障害物が存在する障害物領域と前記移動ロボットが移動可能と推定される移動可能領域とが特定された環境地図を生成するための環境地図の生成方法あって、

視覚センサにより得られた計測情報を用いて、前記環境に存在する計測対象の位置を示す3次元位置データ群を生成し、

過去に生成された前記環境地図である旧環境地図及び前記移動ロボットの移動量に基づいて、前記3次元位置データ群に含まれる3次元位置データのうち、少なくとも、前記旧環境地図において障害物領域とされた領域に属する3次元位置データ、及び、前記旧環境地図に含まれていない未観測領域に属する3次元位置データを平面検出対象データに選択し、

前記平面検出対象データを用いて平面検出を実行し、

前記平面検出の結果を用いて、前記平面検出対象データに含まれる移動可能領域及び障害物領域を認識し、

前記平面検出の結果を用いて認識された移動可能領域及び障害物領域と、前記旧環境地図において移動可能領域とされた領域を統合して新たな環境地図である新環境地図を生成する、環境地図の生成方法。

2. 前記平面検出対象データの選択は、前記移動ロボットの移動量に応じて前記旧環境地図の座標系を前記3次元位置データ群の座標系に変換し、座標変換された前記旧環境地図と前記3次元位置データ群との重なりを判定することにより行われる請求項1に記載の環境地図の生成方法。

3. 前記平面検出対象データの選択において、前記旧環境地図において障害物領域とされた領域の近傍に位置する3次元位置デ

ータを前記平面検出対象データに含めることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の環境地図の生成方法。

4. 障害物が存在する障害物領域と障害物がなく移動可能と推定される移動可能領域とが特定された環境地図を利用すること
5 で障害物が存在する環境内を移動する移動ロボットであって、
前記環境を視覚的に認識する視覚センサと、

前記視覚センサにより得られる計測情報を用いて、前記環境に存在する計測対象の位置を示す 3 次元位置データ群を生成する 3 次元位置データ生成部と、

10 過去に生成された前記環境地図である旧環境地図及び前記移動ロボットの移動量に基づいて、前記環境の 3 次元位置データ群の中から平面検出の対象とする平面検出対象データを選択する平面検出対象データ選択部と、

前記平面検出対象データを用いて平面検出を行う平面検出部
15 と、

前記平面検出の結果を用いて、前記平面検出対象データに含まれる移動可能領域及び障害物領域を認識する領域認識部と、

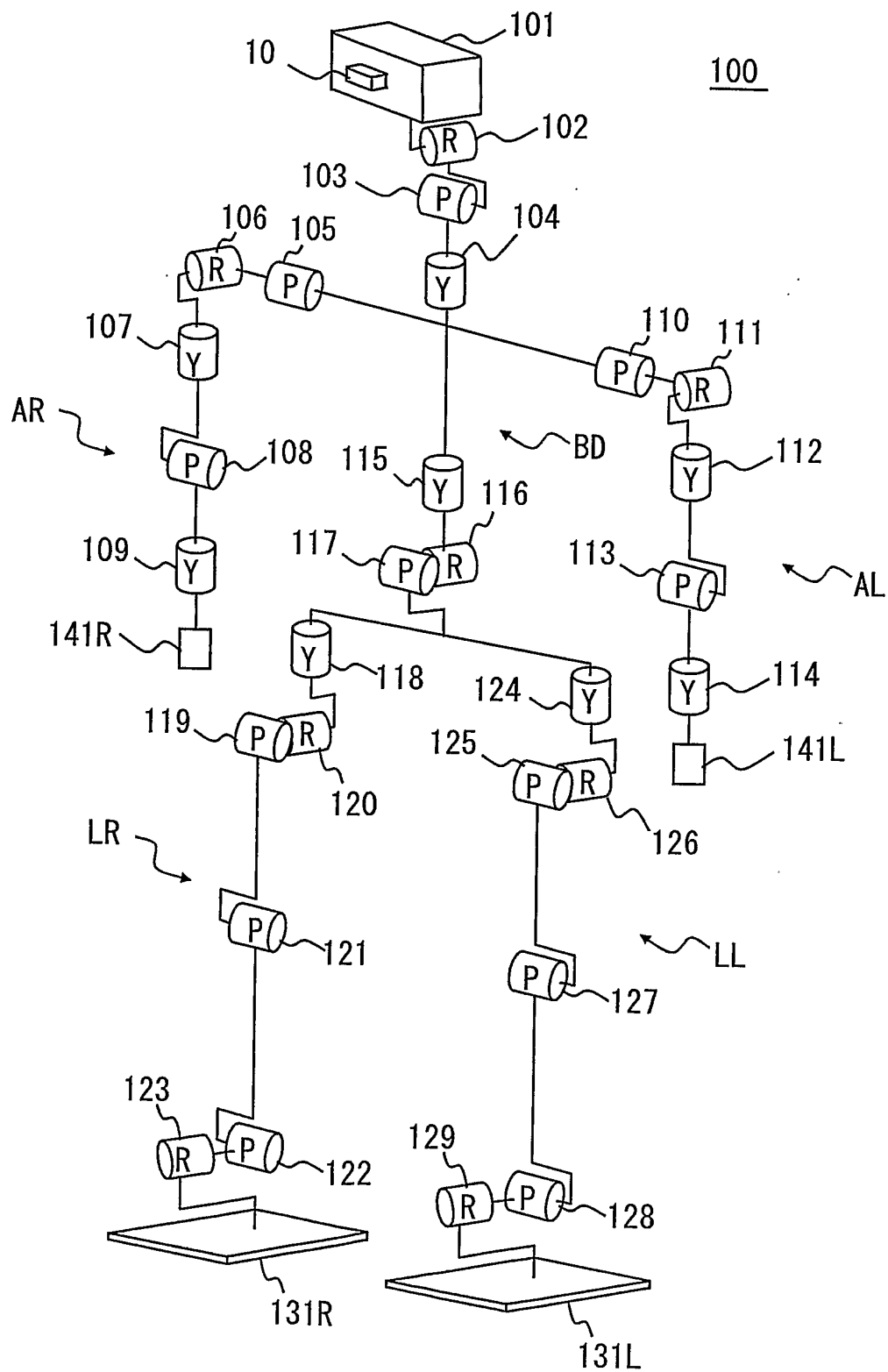
前記領域認識部により認識された移動可能領域及び障害物領域と、過去に生成された環境地図において障害物領域とされた領域を統合して新たな環境地図である新環境地図を生成する環境
20 地図更新生成部と、
を備える移動ロボット。

5. 前記平面検出対象データ選択部は、前記 3 次元位置データ群に含まれる 3 次元位置データのうち、少なくとも、前記旧環境地図
25 図において前記障害物領域とされた領域に属する 3 次元位置データ、及び、前記旧環境地図に含まれていない未観測領域に属する 3 次元位置データを前記平面検出対象データに選択する請求項 4 に記載の移動ロボット。

6. 前記平面検出対象データ選択部は、前記移動ロボットの移動量に応じて前記旧環境地図の座標系を前記3次元位置データ群の座標系に変換し、座標変換された前記旧環境地図と前記3次元位置データ群との重なりを判定することで前記平面検出対象データの選択を行う請求項4又は5に記載の移動ロボット。
7. 前記平面検出対象データ選択部は、前記旧環境地図において障害物領域とされた領域の近傍に位置する3次元位置データを前記平面検出対象データに含めることを特徴とする請求項4乃至6のいずれか1項に記載の移動ロボット。
- 10 8. 前記視覚センサは、2次元画像における各画素の画素値として距離値を有する距離画像が前記計測情報として得られるレンジセンサ、又は、視差画像が前記計測情報として得られるステレオカメラである請求項4乃至7のいずれか1項に記載の移動ロボット。

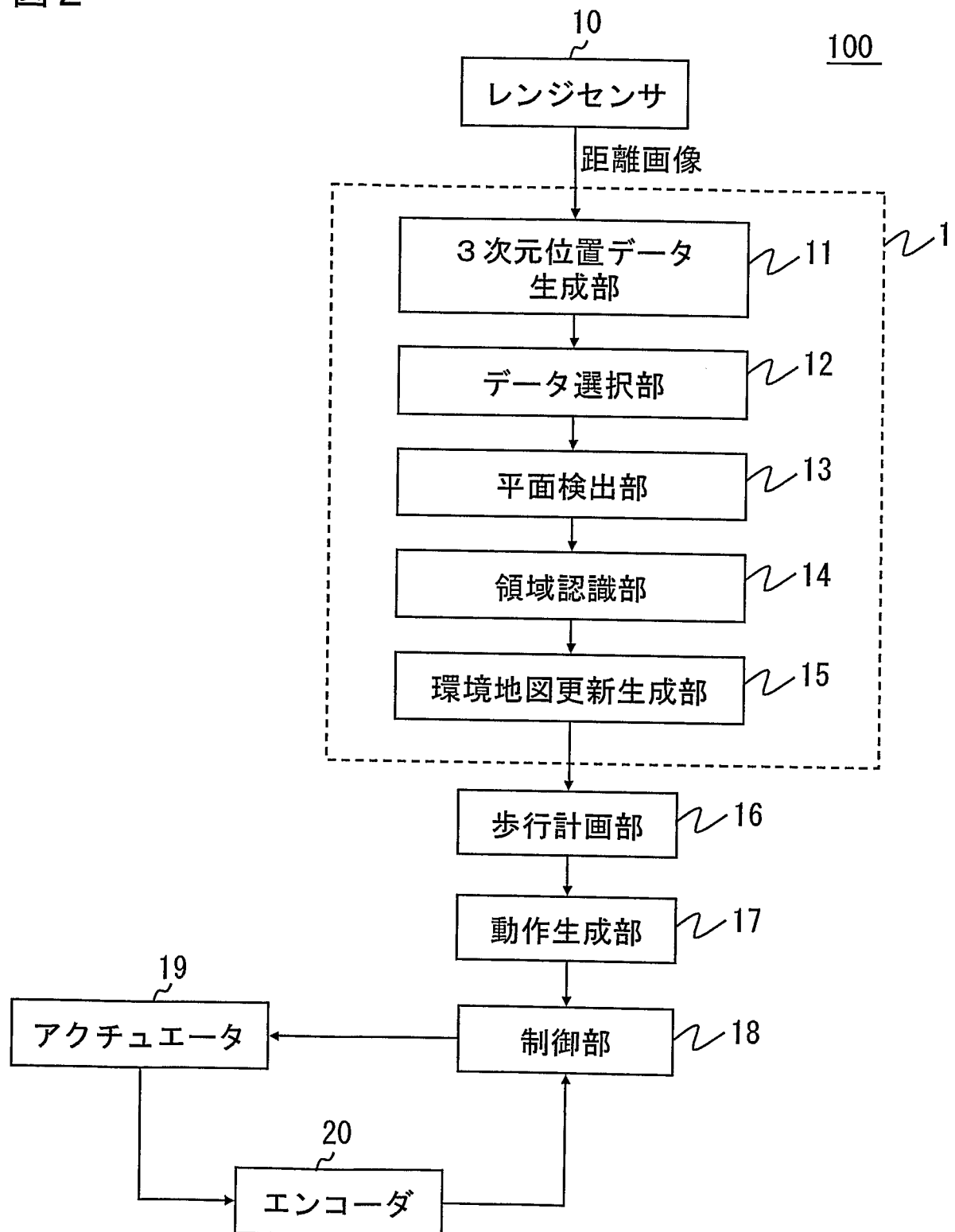
1/10

図 1



2/10

図 2



3/10

図 3 A

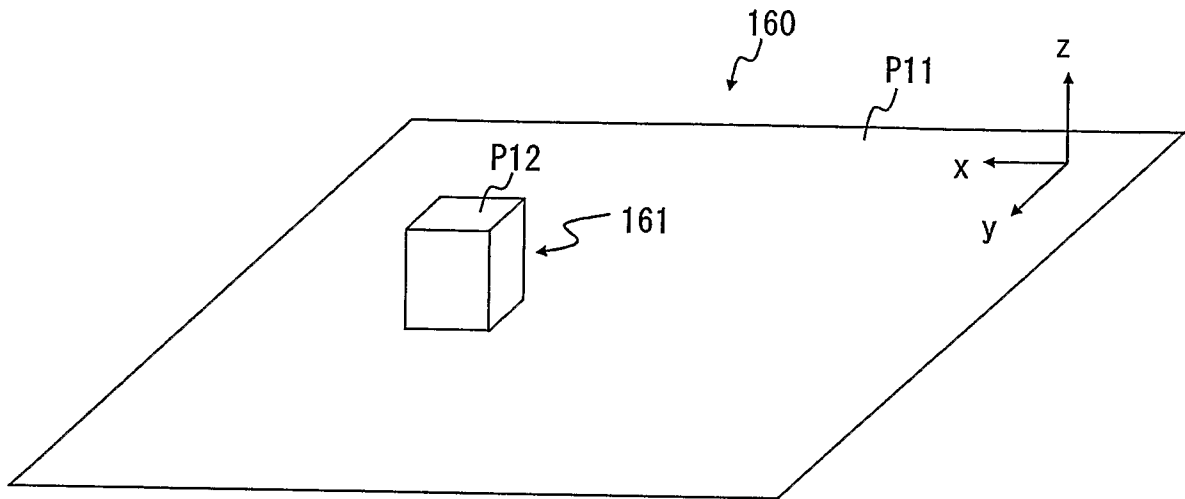
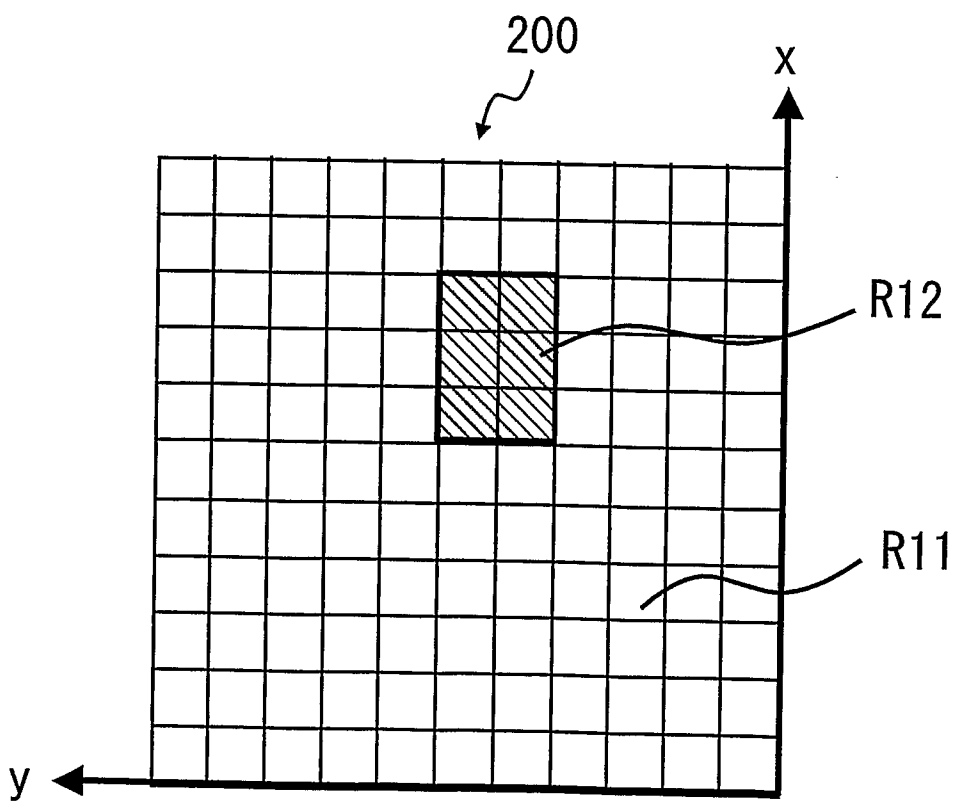


図 3 B



4/10

図 4

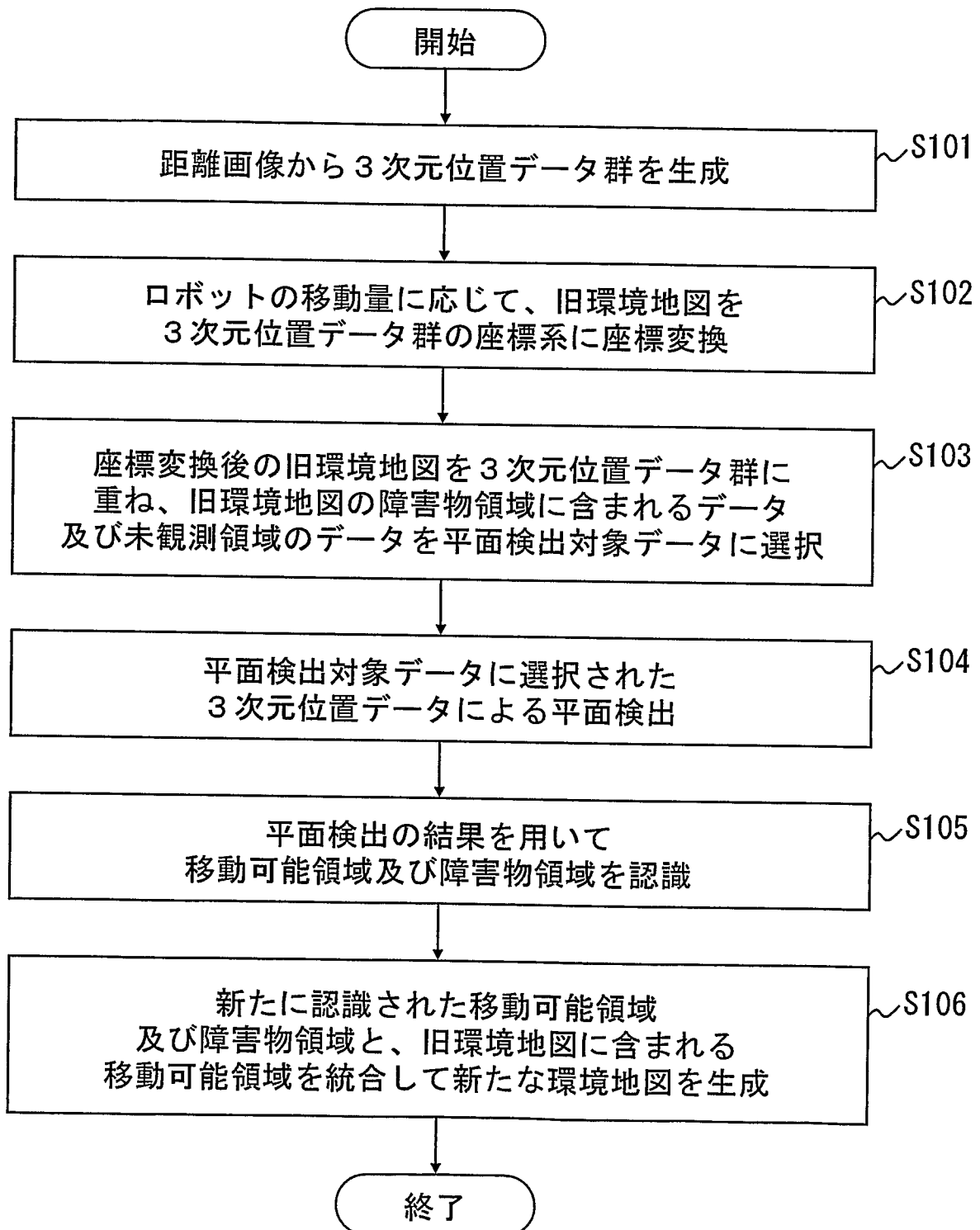
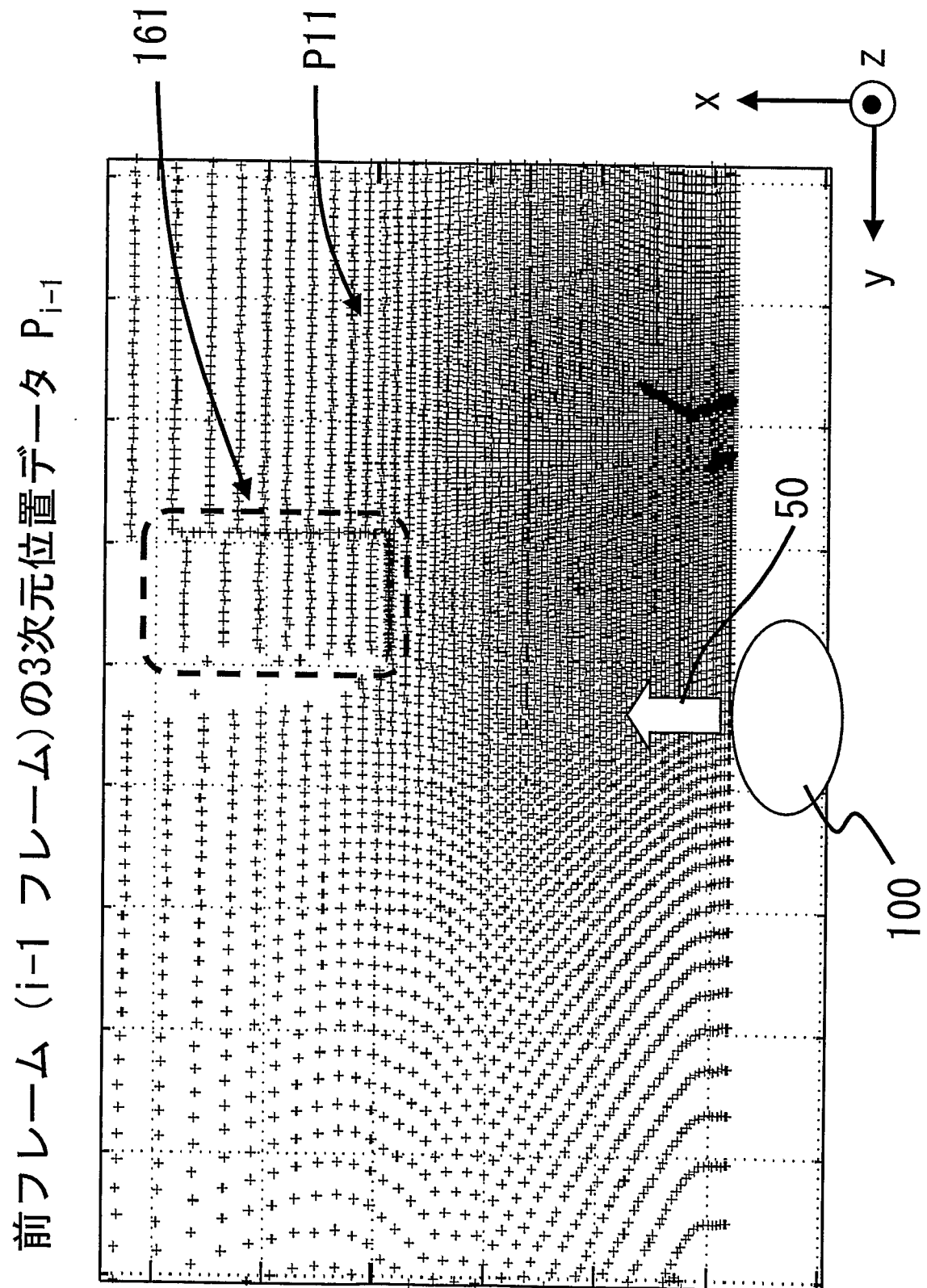


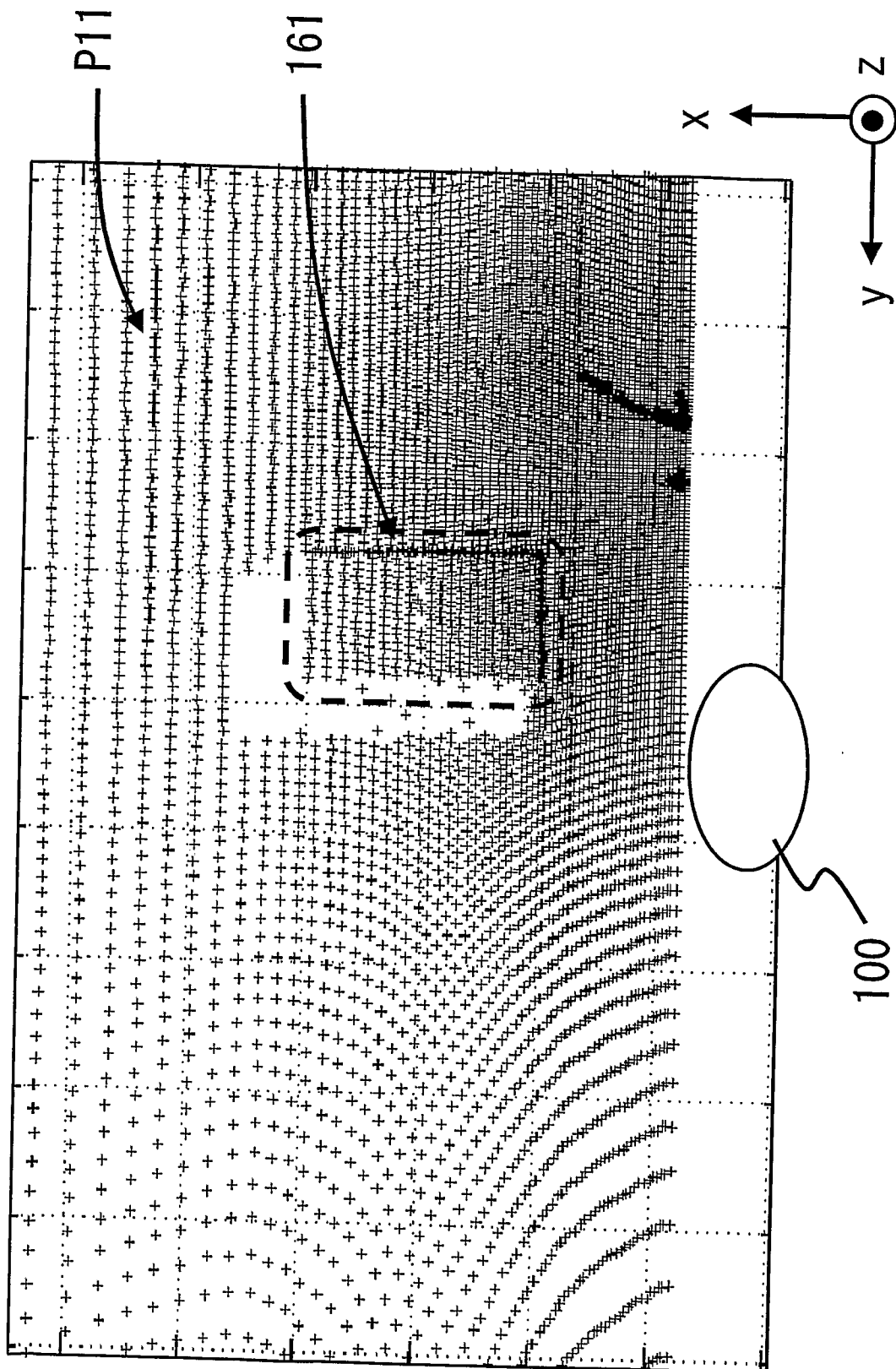
図 5 A



6/10

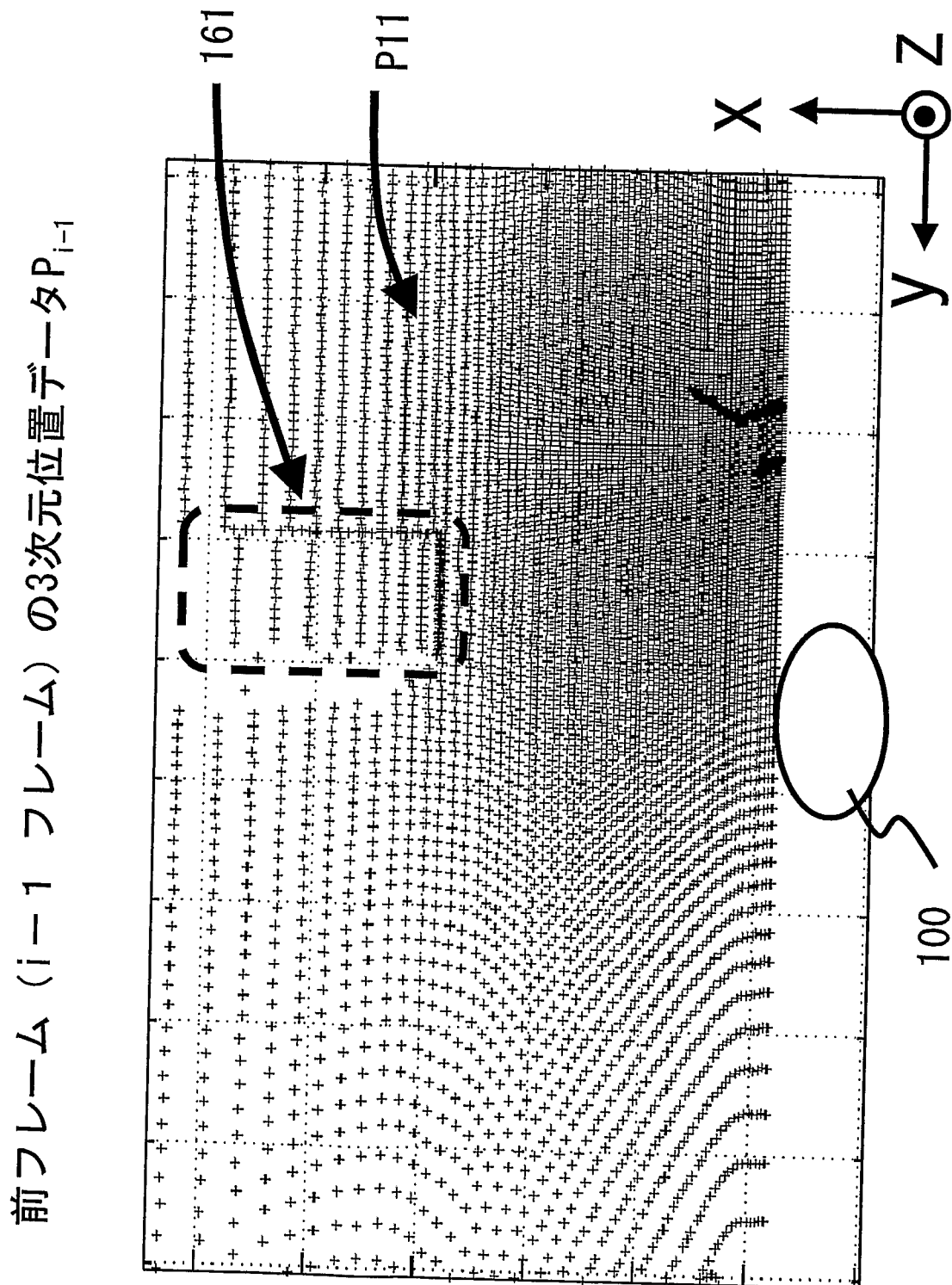
図 5 B

現フレーム (i フレーム) の 3 次元位置データ P_i



7/10

図 6 A



8/10

図 6 B

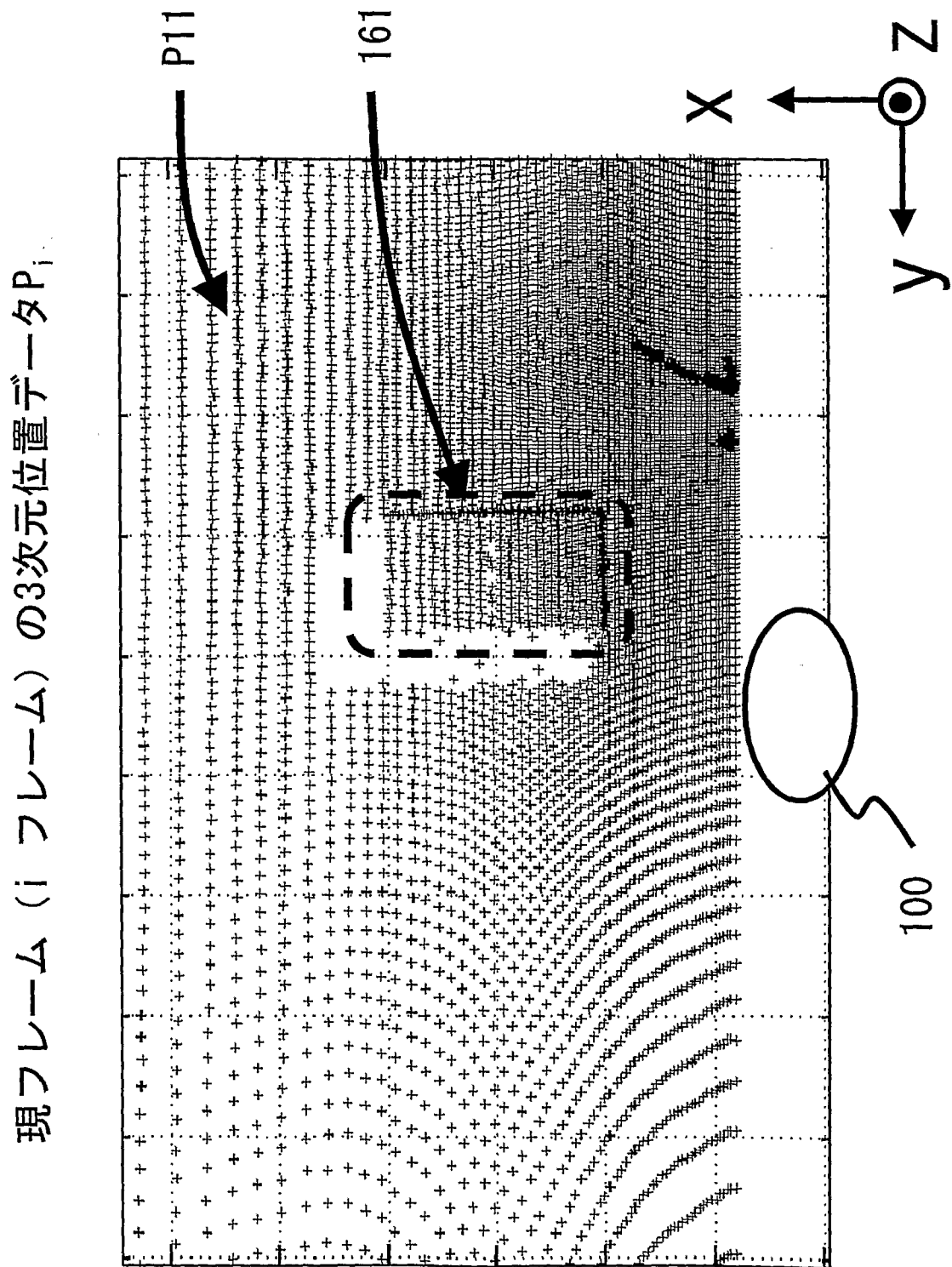
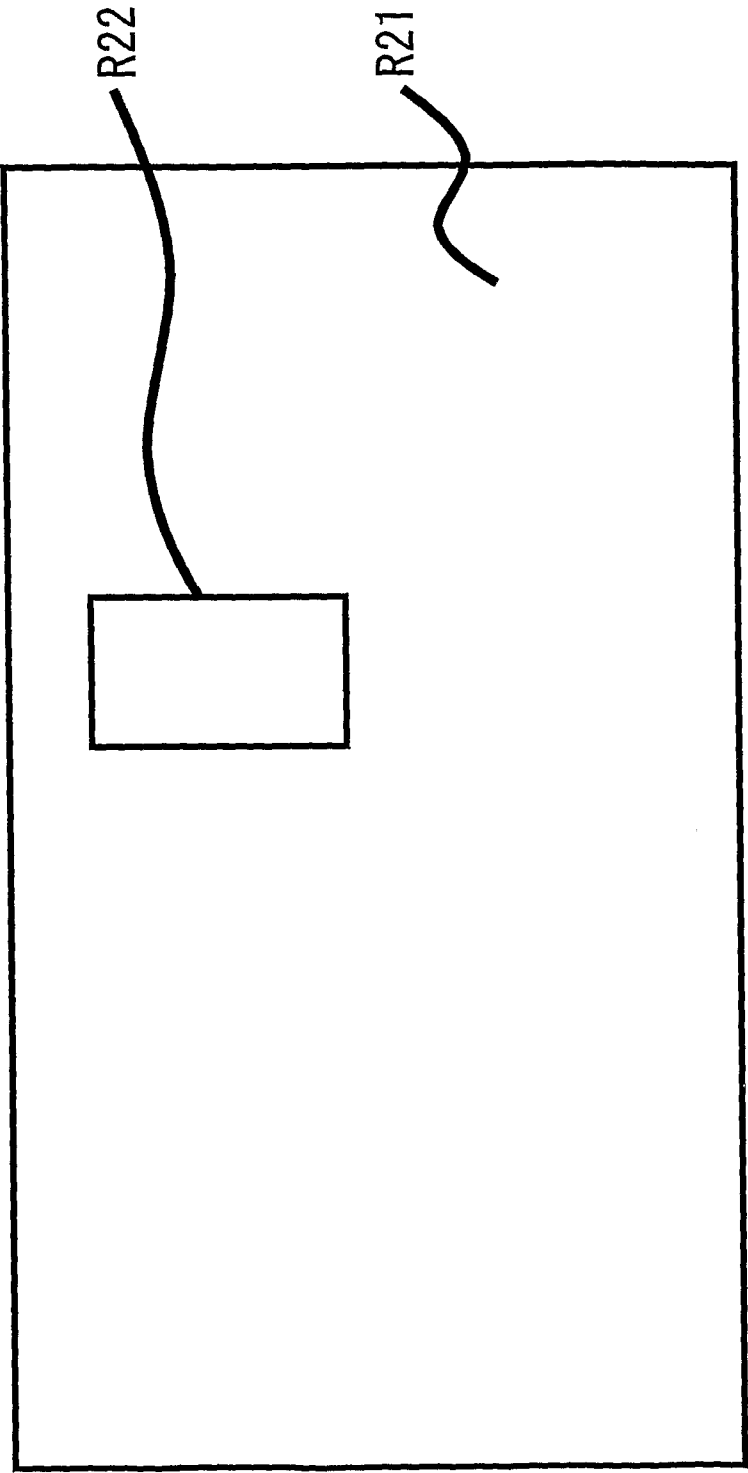


図 6 C

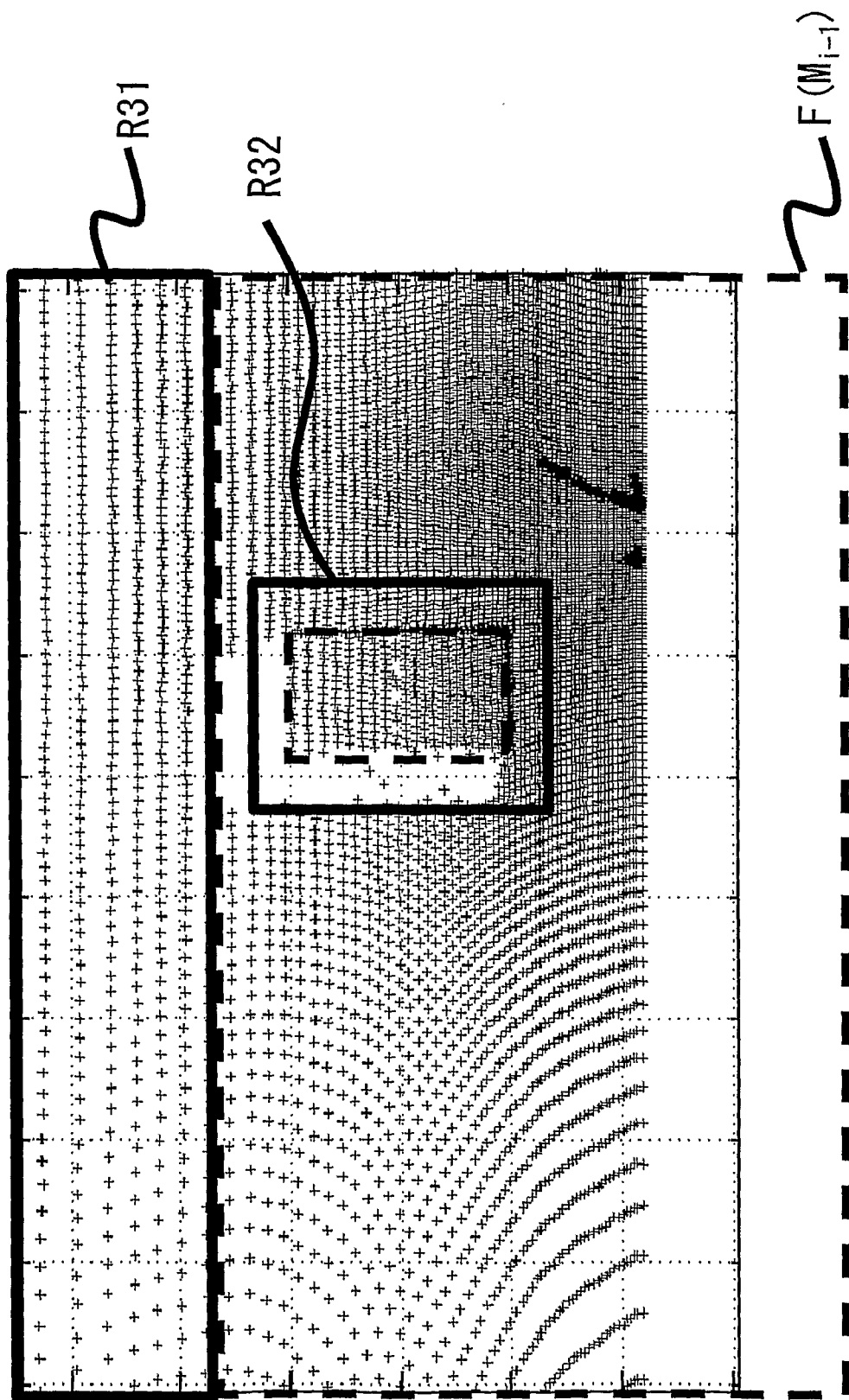
環境地図 M_{i-1}



10/10

図 6 D

平面検出対象領域



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/051029

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D1/02(2006.01)i, G06T17/50(2006.01)i, B25J13/08(2006.01)n

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)

G05D1/02, G06T17/50, B25J13/08

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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.
Y A	JP 2005-092820 A (Sony Corp.), 07 April, 2005 (07.04.05), Par. Nos. [0033] to [0042], [0048] to [0052], [0080] to [0084] & US 2005/0131581 A1 & KR 10-2005-0028859 A & CN 1617170 A	4, 8 1-3, 5-7
Y	JP 5-143156 A (Mazda Motor Corp.), 11 June, 1993 (11.06.93), Par. Nos. [0029], [0030] (Family: none)	4, 8
A	JP 2004-276168 A (Japan Science and Technology Agency), 07 October, 2004 (07.10.04), Full text; all drawings (Family: none)	1-8

☐ 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
21 April, 2008 (21.04.08)

Date of mailing of the international search report
20 May, 2008 (20.05.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
 Int.Cl. G05D1/02(2006.01)i, G06T17/50(2006.01)i, B25J13/08(2006.01)n

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. G05D1/02, G06T17/50, B25J13/08

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 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 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 請求の範囲の番号
Y A	JP 2005-092820 A（ソニー株式会社）2005.04.07, 段落【0033】－【0042】、【0048】－【0052】、【0080】－【0084】 & US 2005/0131581 A1 & KR 10-2005-0028859 A & CN 1617170 A	4, 8 1-3, 5-7
Y	JP 5-143156 A（マツダ株式会社）1993.06.11, 段落【0029】、【0030】（ファミリーなし）	4, 8
A	JP 2004-276168 A（独立行政法人科学技術振興機構）2004.10.07, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-8

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 2 1 . 0 4 . 2 0 0 8	国際調査報告の発送日 2 0 . 0 5 . 2 0 0 8
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 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 岡澤 洋 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 4