

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5391505号
(P5391505)

(45) 発行日 平成26年1月15日(2014. 1. 15)

(24) 登録日 平成25年10月25日(2013. 10. 25)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 T 1/00 (2006. 01)

G 0 6 T 1/00 3 0 0

B 2 5 J 13/00 (2006. 01)

B 2 5 J 13/00 Z

G 0 5 D 1/02 (2006. 01)

G 0 5 D 1/02 K

請求項の数 8 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2010-41839 (P2010-41839)
 (22) 出願日 平成22年2月26日(2010. 2. 26)
 (65) 公開番号 特開2011-180660 (P2011-180660A)
 (43) 公開日 平成23年9月15日(2011. 9. 15)
 審査請求日 平成24年9月28日(2012. 9. 28)

(出願人による申告) 平成21年6月19日付け、支出
 負担行為担当官 総務省大臣官房会計課企画官、研究テ
 ーマ「高齢者・障害者のためのユビキタスネットワー
 クロボット技術の研究開発」に関する委託研究、産業技術
 力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 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 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 鳩 康彦
 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】 領域分割装置、領域分割プログラムおよび領域分割方法ならびにコミュニケーションロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくともオブジェクトを含む障害物が登録された或る環境を真上から俯瞰的に見た地
 図情報を記憶する記憶手段、

前記地図情報において任意の直線に沿って中心を有する複数の円を描画する描画手段、
 前記描画手段によって描画された複数の円の各々を障害物に接触する直前まで拡大する
 拡大手段、

前記拡大手段によって拡大された複数の円のうち、同一の直線に沿って中心を有する円
 同士を結合して1または複数の領域を生成する領域生成手段、

所定のルールに従って、前記領域生成手段によって生成された1または複数の領域から
 1の領域を抽出する領域抽出手段、および

前記領域抽出手段によって抽出された領域を除く前記地図情報に対して、前記拡大手段
 、前記領域生成手段、および前記領域抽出手段を繰り返し実行する実行手段を備える、領
 域分割装置。

【請求項2】

前記地図情報を格子状に分割する分割手段をさらに備え、

前記描画手段は、前記分割手段によって格子状に分割された地図情報の一枠毎に、異な
 る角度の直線に沿って中心を有する複数の円を描画する、請求項1記載の領域分割装置。

【請求項3】

前記所定のルールは、特定の点との距離が最も近いことを含む、請求項1または2記載

10

20

の領域分割装置。

【請求項 4】

前記障害物は、前記環境における床面ないし地面の模様を含む、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の領域分割装置。

【請求項 5】

前記実行手段は、前記領域抽出手段によって抽出された領域の総和が前記地図情報の全範囲のうちの一定を超えるまで、前記拡大手段、前記領域生成手段、および前記領域抽出手段を繰り返し実行する、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の領域分割装置。

【請求項 6】

少なくともオブジェクトを含む障害物が登録された或る環境を真上から俯瞰的に見た地図情報を記憶する記憶手段を備えるコンピュータのプロセッサに、

10

前記地図情報において任意の直線に沿って中心を有する複数の円を描画する描画ステップ、

前記描画ステップによって描画された複数の円の各々を障害物に接触する直前まで拡大する拡大ステップ、

前記拡大ステップによって拡大された複数の円のうち、同一の直線に沿って中心を有する円同士を結合して 1 または複数の領域を生成する領域生成ステップ、

所定のルールに従って、前記領域生成ステップによって生成された 1 または複数の領域から 1 の領域を抽出する領域抽出ステップ、および

前記領域抽出ステップによって抽出された領域を除く前記地図情報に対して、前記拡大ステップ、前記領域生成ステップ、および前記領域抽出ステップを繰り返し実行する実行ステップを実行させる、領域分割プログラム。

20

【請求項 7】

少なくともオブジェクトを含む障害物が登録された或る環境を真上から俯瞰的に見た地図情報を記憶する記憶手段を備えるコンピュータの領域分割方法であって、

(a) 前記地図情報において任意の直線に沿って中心を有する複数の円を描画し、

(b) 前記ステップ (a) によって描画された円を障害物に接触する直前まで拡大し、

(c) 前記ステップ (b) によって拡大された複数の円のうち、同一の直線に沿って中心を有する円同士を結合して 1 または複数の領域を生成し、

(d) 所定のルールに従って、前記ステップ (c) によって生成された 1 または複数の領域から 1 の領域を抽出し、そして

30

(e) 前記ステップ (d) によって抽出された領域を除く前記地図情報に対して、前記ステップ (b)、前記ステップ (c)、および前記ステップ (d) を繰り返し実行する、領域分割方法。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載する領域分割装置を備える、コミュニケーションロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

この発明は領域分割装置、領域分割プログラムおよび領域分割方法ならびにコミュニケーションロボットに関し、特にたとえば、或る環境における空間を人間に伝達可能な領域に分割する、領域分割装置、領域分割プログラム、領域分割方法ならびにコミュニケーションロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

この種の領域分割装置の一例が特許文献 1 に開示されている。この特許文献 1 に開示される領域分割装置は、カラー画像の画素間の色差に基づいて決定された色区間の各軸方向の分割幅に従って上記色空間を分割した後、その分割された色空間の色空間分割領域毎に設定された色分類番号に基づいてカラー画像の各画素をラベリングして、ラベリングした

50

各画素において、同一色分類番号の画素が連続する領域を同色領域として、その同色領域毎にカラー画像を分割する。

【 0 0 0 3 】

また、この種のコミュニケーションロボットの一例が特許文献 2 に開示されている。この特許文献 2 に開示されるコミュニケーションロボットは、モーションキャプチャシステムから自身の位置、人間の位置およびオブジェクトの位置を検出する。また、ロボットは、人間との距離、ロボットと人間とを結ぶ基線に対するロボットの視線および人間の視線に基づいて指示語決定モデルを決定する。そして、ロボットは、所望のオブジェクトを指示するように、指差し動作を実行するとともに、指示語決定モデルに従って決定された指示語（「これ」、「それ」、「あれ」）を発話する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 6 7 2 4 0 号 [G06T 7/00]

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 2 3 1 4 9 7 号 [B25J 13/00, B25J 5/00]

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

たとえば、或る領域を伝達するインタクションでは、人間に伝達可能な領域を発話・ジェスチャで伝える必要がある。しかし、特許文献 2 に示すコミュニケーションロボットでは、特定のオブジェクトについて発話・ジェスチャで伝えており、領域の伝達そのものを扱っていない。また、このコミュニケーションロボットでは、人間に伝達可能な領域を自身のセンサ情報から自動的に抽出することができない。

20

【 0 0 0 6 】

ここで、人間に伝達可能な領域は、周囲に存在するオブジェクトや模様によって決定される特徴がある。しかし、それらの領域上には明白な境界が存在しない場合もあり、特許文献 1 の領域分割装置のように、単に色差の情報に基づいて領域を分割するだけでは、人間に伝達可能な領域を抽出することは困難である。

【 0 0 0 7 】

それゆえに、この発明の主たる目的は、新規な、領域分割装置、領域分割プログラムおよび領域分割方法ならびにコミュニケーションロボットを提供することである。

30

【 0 0 0 8 】

また、この発明の他の目的は、人間に伝達可能な領域を抽出することができる、領域分割装置、領域分割プログラムおよび領域分割方法ならびにコミュニケーションロボットを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明は、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、本発明の理解を助けるために後述する実施の形態との対応関係を示したものであって、本発明を何ら限定するものではない。

40

【 0 0 1 0 】

第 1 の発明は、少なくともオブジェクトを含む障害物が登録された或る環境を真上から俯瞰的に見た地図情報を記憶する記憶手段、地図情報において任意の直線に沿って中心を有する複数の円を描画する描画手段、描画手段によって描画された複数の円の各々を障害物に接触する直前まで拡大する拡大手段、拡大手段によって拡大された複数の円のうち、同一の直線に沿って中心を有する円同士を結合して 1 または複数の領域を生成する領域生成手段、所定のルールに従って、領域生成手段によって生成された 1 または複数の領域から 1 の領域を抽出する領域抽出手段、および領域抽出手段によって抽出された領域を除く地図情報に対して、拡大手段、領域生成手段、および領域抽出手段を繰り返し実行する実行手段を備える、領域分割装置である。

50

【 0 0 1 1 】

第1の発明では、領域分割装置は、記憶手段（64）、描画手段（60、S111、S113、S131、S155、S175）、拡大手段（60、S113、S115、S117、S131、S133、S135、S155、S157、S159）、領域生成手段（60、S167）、領域抽出手段（60、S85、S87）および実行手段（60、S93）を備える。記憶手段は、少なくともオブジェクトを含む障害物が登録された或る環境を真上から俯瞰的に見た地図情報を記憶する。描画手段は、地図情報において任意の直線に沿って中心を有する複数の円を描画する。拡大手段は、描画手段によって描画された複数の円の各々を障害物に接触する直前まで拡大する。たとえば、一定の長さずつ半径を伸ばすことにより円を拡大し、円が障害物に接触したときに、円の半径を1つ手前の長さに戻す。領域生成手段は、拡大手段によって拡大された複数の円のうち、同一の直線に沿って中心を有する円同士を結合して1または複数の領域を生成する。領域抽出手段は、所定のルールに従って、領域生成手段によって生成された1または複数の領域から1の領域を抽出する。実行手段は、領域抽出手段によって抽出された領域を除く地図情報に対して、拡大手段、領域生成手段、および領域抽出手段を繰り返し実行する。

10

【 0 0 1 2 】

第1の発明によれば、障害物に接触しない円同士を結合するので、障害物で囲まれるような一定の範囲を1つの領域として抽出することができる。つまり、人間に伝達可能な領域に分割することができる。

【 0 0 1 3 】

第2の発明は第1の発明に従属し、地図情報を格子状に分割する分割手段をさらに備え、描画手段は、分割手段によって格子状に分割された地図情報の一枠毎に、異なる角度の直線に沿って中心を有する複数の円を描画する。

20

【 0 0 1 4 】

第2の発明では、分割手段（60、S41）は地図情報を格子状に分割する。描画手段は、格子状に分割された地図情報の一枠毎に、異なる角度の直線に沿って中心を有する複数の円を描画する。つまり、各枠毎に、異なる角度の直線が設定され、当該直線に沿って複数の円が描画される。

【 0 0 1 5 】

第2の発明によれば、地図情報を格子状に分割した枠毎に設定される直線に沿って複数の円を描画するので、地図情報の全体に渡って領域を抽出することができる。

30

【 0 0 1 6 】

第3の発明は、第1または第2の発明に従属し、所定のルールは、特定の点との距離が最も近いことを含む。

【 0 0 1 7 】

第3の発明では、所定のルールは、特定の点との距離が最も近いことを含む。これは、話し手の近い位置に或る領域は、遠くに在る領域よりも正確に認識されるという知見を表現するためである。したがって、たとえば、特定の点とは、話し手の位置を意味する場合がある。

【 0 0 1 8 】

第3の発明によれば、話し手と聞き手とが存在するような環境において領域を抽出する場合に、人間に近い感覚で領域を分割することができる。

40

【 0 0 1 9 】

第4の発明は、第1ないし第3の発明に従属し、障害物は、環境における床面ないし地面の模様を含む。

【 0 0 2 0 】

第4の発明では、障害物は、環境における床面ないし地面の模様を含む。たとえば、タイルの継ぎ目に表れる線が検出される。これは、人間が領域を認識する際に、そのような継ぎ目によって領域を分割することがあると考えられるからである。ここでは、障害物は、円を拡大することの障害となるオブジェクトや模様（線）を意味する。

50

【 0 0 2 1 】

第 4 の発明によれば、床面や地面の模様も障害物に含めるので、人間に近い感覚で領域を分割することができる。

【 0 0 2 2 】

第 5 の発明は、第 1 ないし第 4 の発明に従属し、実行手段は、領域抽出手段によって抽出された領域の総和が地図情報の全範囲のうちの一定を超えるまで、拡大手段、領域生成手段、および領域抽出手段を繰り返し実行する。

【 0 0 2 3 】

第 5 の発明では、実行手段は、領域抽出手段によって抽出された領域の総和が地図情報の全範囲のうちの一定を超えるまで、拡大手段、領域生成手段、および領域抽出手段を繰り返し実行する。たとえば、地図情報の全範囲のうちの一割程度しか抽出可能な領域が残っていないような状況になると、そのような領域については抽出する価値が無いと考えて、領域の抽出を終了するのである。

10

【 0 0 2 4 】

第 5 の発明によれば、必要以上に領域の抽出処理を実行しないので、無駄な処理を省くことができる。

【 0 0 2 5 】

第 6 の発明は、少なくともオブジェクトを含む障害物が登録された或る環境を真上から俯瞰的に見た地図情報を記憶する記憶手段を備えるコンピュータのプロセッサに、地図情報において任意の直線に沿って中心を有する複数の円を描画する描画ステップ、描画ステップによって描画された複数の円の各々を障害物に接触する直前まで拡大する拡大ステップ、拡大ステップによって拡大された複数の円のうち、同一の直線に沿って中心を有する円同士を結合して 1 または複数の領域を生成する領域生成ステップ、所定のルールに従って、領域生成ステップによって生成された 1 または複数の領域から 1 の領域を抽出する領域抽出ステップ、および領域抽出ステップによって抽出された領域を除く地図情報に対して、拡大ステップ、領域生成ステップ、および領域抽出ステップを繰り返し実行する実行ステップを実行させる、領域分割プログラムである。

20

【 0 0 2 6 】

第 7 の発明は、少なくともオブジェクトを含む障害物が登録された或る環境を真上から俯瞰的に見た地図情報を記憶する記憶手段を備えるコンピュータの領域分割方法であって、(a) 地図情報において任意の直線に沿って中心を有する複数の円を描画し、(b) ステップ (a) によって描画された円を障害物に接触する直前まで拡大し、(c) ステップ (b) によって拡大された複数の円のうち、同一の直線に沿って中心を有する円同士を結合して 1 または複数の領域を生成し、(d) 所定のルールに従って、ステップ (c) によって生成された 1 または複数の領域から 1 の領域を抽出し、そして (e) ステップ (d) によって抽出された領域を除く地図情報に対して、ステップ (b)、ステップ (c)、およびステップ (d) を繰り返し実行する、領域分割方法である。

30

【 0 0 2 7 】

第 6 および第 7 の発明においても、第 1 の発明と同様に、人間に伝達可能な領域に分割することができる。

40

【 0 0 2 8 】

第 8 の発明は、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載する領域分割装置を備える、コミュニケーションロボットである。

【 0 0 2 9 】

第 8 の発明では、身体動作および音声の少なくとも一方によるコミュニケーション損行動を行うコミュニケーションロボット (1 0) は、上述したような領域分割装置 (2 4、2 8、5 8、6 0、6 4、6 6、6 8、7 2、7 4、7 6、7 8、8 0 など) を備える。

【 0 0 3 0 】

第 8 の発明によれば、サービスを提供する場合に、人間に伝達可能な領域を参照したジェスチャ (身体動作) および音声 (発話) を用いたインタラクションを実行することがで

50

きる。

【発明の効果】

【0043】

この発明によれば、障害物に接触しない円同士を結合するので、障害物で囲まれるような一定の範囲を1つの領域として抽出することができる。つまり、人間に伝達可能な領域に分割することができる。

【0044】

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】

10

【0045】

【図1】図1はこの発明の一実施例のコミュニケーションロボットの外観を正面から見た正面図である。

【図2】図2は図1に示すコミュニケーションロボット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に示すコミュニケーションロボットに記憶されるオブジェクト地図情報データに従うオブジェクト地図情報を示す図解図である。

【図4】図4は図1に示すコミュニケーションロボットに記憶されるカメラ画像データに従うカメラ画像を示す図解図である。

【図5】図5はグリッドマップの例を示す図解図である。

20

【図6】図6は点と線の傾きとの組についての参照リストの例を示す図解図である。

【図7】図7は伸縮円を描画する枠の枠を決定する方法を説明するための図解図である。

【図8】図8は枠内の或る枠における伸縮円を描画方法を説明するための図解図である。

【図9】図9は或る直線に沿って中心を有する伸縮円を描画した場合の例およびそれによって生成されるバルーンを示す図解図である。

【図10】図10は図9に示す例から30°傾けた直線に沿って中心を有する伸縮円を描画した場合の例およびそれによって生成されるバルーンを示す図解図である。

【図11】図11は分割された領域を示す図解図である。

【図12】図12はこの実施例の指示語切替モデルを示す図解図である。

【図13】図13は領域を参照したコミュニケーション行動を実行する際にコミュニケーションロボットを当該領域に近づけるか否かの判断方法を説明するための図解図である。

30

【図14】図14は図2に示すメモリのメモリマップの例を示す図解図である。

【図15】図15は相対言語テーブルの例を示す図解図である。

【図16】図16は図3に示したオブジェクト地図情報に含まれる固定オブジェクトに対応して設定される相対言語割り当て領域を示す図解図である。

【図17】図17は図2に示すCPUの全体処理を示すフロー図である。

【図18】図18は図2に示すCPUの領域分割処理の一部を示すフロー図である。

【図19】図19は図2に示すCPUの領域分割処理の他の一部であって、図18に後続するフロー図である。

【図20】図20は図2に示すCPUの候補の集合取得処理を示すフロー図である。

40

【図21】図21は図2に示すCPUのバルーン取得処理の第1の一部を示すフロー図である。

【図22】図22は図2に示すCPUのバルーン取得処理の第2の一部であって、図21に後続するフロー図である。

【図23】図23は図2に示すCPUのバルーン取得処理の第3の一部であって、図22に後続するフロー図である。

【図24】図24は図2に示すCPUのバルーン取得処理の第4の一部であって、図23に後続するフロー図である。

【図25】図25は図2に示すCPUの領域選択処理の一部を示すフロー図である。

【図26】図26は図2に示すCPUの領域選択処理の他の一部であって、図25に後続

50

するフロー図である。

【図 2 7】図 2 7 は図 2 に示す C P U の制御情報の決定処理の一部を示すフロー図である。

【図 2 8】図 2 8 は図 2 に示す C P U の制御情報の決定処理の他の一部であって、図 2 7 に後続するフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 6 】

図 1 を参照して、この実施例のコミュニケーションロボット（以下、単に「ロボットという）10 は、相互作用指向のロボットであり、主として人間のようなコミュニケーションの対象（コミュニケーション対象）との間で、身振り手振りのようなジェスチャ（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。ロボット 10 は、受付や案内などの様々なサービスを提供し、たとえば或る会社やイベント会場（ショッピングモール、展示会場）などの様々な場所ないし状況（環境）に配置される。また、ロボット 10 は、環境内で自走可能である。

【 0 0 4 7 】

なお、後で詳細に説明するように、この実施例では、ロボット 10 は領域分割装置としても機能する。

【 0 0 4 8 】

図 1 は、この実施例のロボット 10 の外観を示す正面図である。ロボット 10 は台車 18 を含み、台車 18 の下面にはロボット 10 を自律移動させる 2 つの車輪 20 および 1 つの従輪 22 が設けられる。2 つの車輪 20 は車輪モータ 24（図 3 参照）によってそれぞれ独立に駆動され、台車 18 すなわちロボット 10 を前後左右の任意方向に動かすことができる。また、従輪 22 は車輪 20 を補助する補助輪である。したがって、ロボット 10 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。

【 0 0 4 9 】

台車 18 の上には、円柱形のセンサ取り付けパネル 26 が設けられ、このセンサ取り付けパネル 26 には、多数の距離センサ 28 が取り付けられる。これらの距離センサ 28 は、センサ取り付けパネル 26 すなわちロボット 10 の周囲の物体（人間や障害物など）との距離を測定するものである。

【 0 0 5 0 】

センサ取り付けパネル 26 の上には、胴体 30 が直立するように設けられる。また、胴体 30 の前方中央上部（人の胸に相当する位置）には、上述したさらに設けられ、ロボット 10 の前方の主として人間との距離を計測する。また、胴体 30 には、その側面側上端部のほぼ中央から伸びる支柱 32 が設けられ、支柱 32 の上には、全方位カメラ 34 が設けられる。全方位カメラ 34 は、ロボット 10 の周囲を撮影するものであり、後述する眼カメラ 58 とは区別される。この全方位カメラ 34 としては、たとえば C C D や C M O S 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、これら距離センサ 28 および全方位カメラ 34 の設置位置は、当該部位に限定されず適宜変更され得る。

【 0 0 5 1 】

胴体 30 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 36 R および肩関節 36 L によって、上腕 38 R および上腕 38 L が設けられる。図示は省略するが、肩関節 36 R および肩関節 36 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 36 R は、直交する 3 軸のそれぞれの軸廻りにおいて上腕 38 R の角度を制御できる。肩関節 36 R の或る軸（ヨー軸）は、上腕 38 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 36 L は、直交する 3 軸のそれぞれの軸廻りにおいて上腕 38 L の角度を制御できる。肩関節 36 L の或る軸（ヨー軸）は、上腕 38 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。

【 0 0 5 2 】

また、上腕 3 8 R および上腕 3 8 L のそれぞれの先端には、肘関節 4 0 R および肘関節 4 0 L が設けられる。図示は省略するが、肘関節 4 0 R および肘関節 4 0 L は、それぞれ 1 軸の自由度を有し、この軸（ピッチ軸）の軸回りにおいて前腕 4 2 R および前腕 4 2 L の角度を制御できる。

【 0 0 5 3 】

前腕 4 2 R および前腕 4 2 L のそれぞれの先端には、人の手に相当する球体 4 4 R および球体 4 4 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、人間の手の形をした「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 1 8 の前面、肩関節 3 6 R と肩関節 3 6 L とを含む肩に相当する部位、上腕 3 8 R、上腕 3 8 L、前腕 4 2 R、前腕 4 2 L、球体 4 4 R および球体 4 4 L には、それぞれ、接触センサ（図 3 で包括的に示す）4 6 が設けられる。台車 1 8 の前面の接触センサ 4 6 は、台車 1 8 への人間や障害物の接触を検知する。したがって、ロボット 1 0 は、その自身の移動中に人間や障害物との接触があると、それを検知し、直ちに車輪 2 0 の駆動を停止してロボット 1 0 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 4 6 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 4 6 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。

【 0 0 5 4 】

胴体 3 0 の中央上部（人の首に相当する位置）には首関節 4 8 が設けられ、さらにその上には頭部 5 0 が設けられる。図示は省略するが、首関節 4 8 は、3 軸の自由度を有し、3 軸の各軸回りに角度制御可能である。或る軸（ヨー軸）はロボット 1 0 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。

【 0 0 5 5 】

頭部 5 0 には、人の口に相当する位置に、スピーカ 5 2 が設けられる。スピーカ 5 2 は、ロボット 1 0 が、その周辺の人間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 5 4 R およびマイク 5 4 L が設けられる。以下、右のマイク 5 4 R と左のマイク 5 4 L とをまとめてマイク 5 4 ということがある。マイク 5 4 は、周囲の音、とりわけコミュニケーションを実行する対象である人間の声を取り込む。さらに、人の目に相当する位置には、眼球部 5 6 R および眼球部 5 6 L が設けられる。眼球部 5 6 R および眼球部 5 6 L は、それぞれ眼カメラ 5 8 R および眼カメラ 5 8 L を含む。以下、右の眼球部 5 6 R と左の眼球部 5 6 L とをまとめて眼球部 5 6 ということがある。また、右の眼カメラ 5 8 R と左の眼カメラ 5 8 L とをまとめて眼カメラ 5 8 ということがある。

【 0 0 5 6 】

眼カメラ 5 8 は、ロボット 1 0 に接近した人間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 5 8 は、上述した全方位カメラ 3 4 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 5 8 は、眼球部 5 6 内に固定され、眼球部 5 6 は、眼球支持部（図示せず）を介して頭部 5 0 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、それらの各軸回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 5 0 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 5 0 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 軸の各軸回りに回転されることによって、眼球部 5 6 ないし眼カメラ 5 8 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 5 2、マイク 5 4 および眼カメラ 5 8 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。

【 0 0 5 7 】

このように、この実施例のロボット 1 0 は、車輪 2 0 の独立 2 軸駆動、肩関節 3 6 の 3 自由度（左右で 6 自由度）、肘関節 4 0 の 1 自由度（左右で 2 自由度）、首関節 4 8 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 1 7 自由度を有する。

【 0 0 5 8 】

図 2 はロボット 1 0 の電氣的な構成を示すブロック図である。この図 2 を参照して、ロボット 1 0 は、CPU 6 0 を含む。CPU 6 0 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 6 2 を介して、メモリ 6 4 , モータ制御ボード 6 6 , センサ入力 / 出力ボード 6 8 および音声入力 / 出力ボード 7 0 に接続される。

【 0 0 5 9 】

メモリ 6 4 は、図示は省略をするが、ROM , HDD および RAM を含む。ROM および HDD には、ロボット 1 0 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、および外部コンピュータとの間で必要なデータやコマンド (メッセージ) を送受信するための通信プログラムなどが記録される。また、RAM は、ワークメモリやバッファメモリとして用いられる。

10

【 0 0 6 0 】

モータ制御ボード 6 6 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 6 6 は、CPU 6 0 からの制御データを受け、右眼球部 5 6 R の 2 軸のそれぞれの角度を制御する 2 つのモータ (図 2 では、まとめて「右眼球モータ 7 2 」と示す) の回転角度を制御する。同様にして、モータ制御ボード 6 6 は、CPU 6 0 からの制御データを受け、左眼球部 5 6 L の 2 軸のそれぞれの角度を制御する 2 つのモータ (図 2 では、まとめて「左眼球モータ 7 4 」と示す) の回転角度を制御する。

20

【 0 0 6 1 】

また、モータ制御ボード 6 6 は、CPU 6 0 からの制御データを受け、右肩関節 3 6 R の直交する 3 軸のそれぞれの角度を制御する 3 つのモータと右肘関節 4 0 R の角度を制御する 1 つのモータとの計 4 つのモータ (図 2 では、まとめて「右腕モータ 7 6 」と示す) の回転角度を制御する。同様にして、モータ制御ボード 6 6 は、CPU 6 0 からの制御データを受け、左肩関節 3 6 L の直交する 3 軸のそれぞれの角度を制御する 3 つのモータと左肘関節 4 0 L の角度を制御する 1 つのモータとの計 4 つのモータ (図 2 では、まとめて「左腕モータ 7 8 」と示す) の回転角度を制御する。

【 0 0 6 2 】

さらに、モータ制御ボード 6 6 は、CPU 6 0 からの制御データを受け、首関節 4 8 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 2 では、まとめて「頭部モータ 8 0 」と示す) の回転角度を制御する。そして、モータ制御ボード 6 6 は、CPU 6 0 からの制御データを受け、車輪 2 0 を駆動する 2 つのモータ (図 2 では、まとめて「車輪モータ 2 4 」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 2 4 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 2 4 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 1 0 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た、たとえば、他の実施例では、エアアクチュエータが適用されてもよい。

30

【 0 0 6 3 】

センサ入力 / 出力ボード 6 8 もまた、同様に、DSP で構成され、各センサからの信号を取り込んで CPU 6 0 に与える。すなわち、距離センサ 2 8 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 6 8 を通じて CPU 6 0 に入力される。距離センサ 2 8 としては、赤外線距離センサまたはレーザ距離センサを用いることができ、それら両方を用いるようにしてもよい。また、全方位カメラ 3 4 からの映像信号が、必要に応じてセンサ入力 / 出力ボード 6 8 で所定の処理を施してから CPU 6 0 に入力される。眼カメラ 5 8 からの映像信号も、同様にして、CPU 6 0 に入力される。また、上述した複数の接触センサ (図 3 では、まとめて「接触センサ 4 6 」と示す) からの信号がセンサ入力 / 出力ボード 6 8 を介して CPU 6 0 に与えられる。

40

【 0 0 6 4 】

50

音声入力／出力ボード70もまた、同様に、DSPで構成され、CPU60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52から出力される。また、マイク54からの音声入力が、音声入力／出力ボード70を介してCPU60に与えられる。

【0065】

また、CPU60は、バス62を介して通信LANボード82に接続される。通信LANボード82は、DSPで構成され、CPU60から与えられた送信データを無線通信装置84に与え、無線通信装置84から送信データを、ネットワーク100を介して外部コンピュータ（記憶制御装置102など）に送信する。また、通信LANボード82は、無線通信装置84を介してデータを受信し、受信したデータをCPU60に与える。つまり、ロボット10は、通信LANボード82および無線通信装置84によって、記憶制御装置102と無線通信を行うことができる。

10

【0066】

さらに、CPU60は、バス62を介して無線タグ読取装置86が接続される。無線タグ読取装置86は、アンテナ（図示せず）を介して、無線タグ（RFIDタグ）から送信される識別情報の重畳された電波を受信する。そして、無線タグ読取装置86は、受信した電波信号を増幅し、当該電波信号から識別信号を分離し、当該識別情報を復調（デコード）してCPU60に与える。無線タグは、会社やイベント会場などに居る人間に装着されており、無線タグ読取装置86は、通信可能範囲内の無線タグを検出する。なお、無線タグは、アクティブ型であってもよいし、無線タグ読み取り装置86から送信される電波に応じて駆動されるパッシブ型であってもよい。

20

【0067】

このようなロボット10は、上述したように、或る環境に配置され、当該環境内において受付や案内などのサービスを提供する。この実施例では、そのようなサービスの提供のうち、或る環境において、その一部の領域を参照しながら、コミュニケーション対象としての人間との間でコミュニケーション行動を実行する場合について説明する。

【0068】

たとえば、人間同士のコミュニケーションを考えた場合、荷物の置き場所を聞かれると、聞かれた人間（案内人）は、その荷物を置くことができる領域を探し、指差しながら、ここ（そこ、あそこ）やこの辺（その辺、あの辺）などと発話して、荷物の置き場所（領域）を聞き手に伝える。ただし、壁、柱、机、椅子のように環境内に存在する物（オブジェクト）を参照して、たとえば、「机の横」、「柱の前」などのように、指示語に代えて、特定のオブジェクトに対応して決まる表現の言語（以下、「相対言語」ということができる）を発話することもある。

30

【0069】

この実施例では、ロボット10に、上記の案内人と同様のコミュニケーション行動を実行させるのである。つまり、或る環境（空間）において、領域を抽出（分割）し、人間からの質問（リクエスト）に対して、適切な領域を選択し、選択した領域をコミュニケーション行動によって伝達するのである。この際、適切な身体動作および発話内容も選択されるのである。

【0070】

以下、領域を抽出（分割）する方法、領域を選択する方法および領域を参照したコミュニケーション行動の実行について順次説明することにする。

40

【0071】

まず、領域を抽出（分割）する場合には、その元となるグリッドマップが生成される。グリッドマップは、オブジェクト地図情報、カメラ画像および距離情報に基づいて生成される。

【0072】

オブジェクト地図情報は、環境を俯瞰的に真上から見た2次元の地図（見取り図）であり、当該環境に固定的に配置されるオブジェクト（固定オブジェクト）がその形状（大き

50

さ)で記載される。図3では省略するが、オブジェクト地図情報では、各固定オブジェクトの配置位置は2次元座標で管理されている。たとえば、2次元座標の原点Oは、図3に示す環境を規定する四角枠の左下の頂点に設定される。ただし、2次元座標系では、図3の横方向がX軸方向であり、図3の縦方向がY軸方向である。また、図3の右方向がX軸のプラス方向であり、図3の上方向がY軸のプラス方向である。

【0073】

なお、この実施例では、固定オブジェクトとしては、壁、柱、花壇、カウンタ、書庫などが該当する。つまり、移動できないオブジェクトや滅多に移動することがないオブジェクトが、固定オブジェクトに該当する。

【0074】

図4には、カメラ画像の一例が示される。たとえば、カメラ画像は、ロボット10が配置される環境を、当該ロボット10の眼カメラ58で撮影した画像である。ロボット10は、環境内でオブジェクト地図情報に設定された座標系と同じ座標系で自身の位置(現在位置)を管理しており、眼カメラ58で画像を撮影した場合には、撮影した画像を撮影した位置に対応付けてメモリ64に記憶する。

【0075】

この図4に示すカメラ画像から分かるように、図3に示した固定オブジェクトに加えて、環境内には、テーブルおよび椅子のような、移動可能なオブジェクト(以下、「可動オブジェクト」という)も配置される。このような可動オブジェクトは、比較的高い頻度で移動されることがあると考えられるため、オブジェクト地図情報には登録されず、必要に応じて、後述するように、カメラ画像および距離情報から検出される。

【0076】

なお、この実施例では、可動オブジェクトとしては、机、テーブル、椅子、ソファなどが該当する。

【0077】

距離情報は、ロボット10が環境内を移動することにより、或る位置(XY座標)において距離センサ28によって距離が検出されたとき、当該位置に対応づけて、当該距離とその方向(角度)とを含む距離に関する情報(データ)である。このような距離情報によって、何らかの物体(オブジェクト)が存在することとその位置とを知ることができる。

【0078】

ここで、カメラ画像と距離情報とから可動オブジェクトを検出する方法について説明する。この実施例では、可動オブジェクトの検出には、画像処理のエッジ検出と、セグメンテーションとが用いられる。エッジ検出には、Cannyのエッジ検出法(J.Canny. A computational approach to edge detection. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.8, No.6, 11 1986.)が用いられる。また、セグメンテーションには、オブジェクトの境界を検出する距離センサ28からの情報と、つながった領域として抽出されたオブジェクトの領域の情報とが用いられる。この実施例では、つながった領域は、同じ色を有していることが検出される塊(領域)であり、このような領域について距離情報から何らかのオブジェクトが有ることが判断された場合に、オブジェクト(可動オブジェクト)が有ることを認識する。つまり、カメラ画像から同じ色を有する平面的な一定の領域を検出し、距離情報を参照して、その一定の領域の位置において距離が検出されている場合には、その一定の領域は高さを有していることが分かり、したがって、オブジェクトが有ると判断することができる。

【0079】

ただし、カメラ画像には、上述した固定オブジェクトも含まれるため、当然のことながら、エッジ検出およびセグメンテーションによって、この固定オブジェクトも検出される。

【0080】

また、図4に示すカメラ画像から分かるように、床面には、タイルなどの継ぎ目による線(床の模様)が入っている。このような床の模様についてもカメラ画像に基づいて取得

10

20

30

40

50

(検出)される。これは、人間が領域を参照する場合に、模様によって領域を区別することが有るからである。この実施例では、床の模様の抽出には、OpenCV (OpenCV1.0. <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>.) が用いられる。また、ノイズ除去のためにガウシアンフィルタを用い、床の模様を抽出するために、上述したCannyのエッジ検出法が用いられる。

【0081】

なお、この実施例では、環境として或る屋内を想定してあるため、床面の模様を検出するようにしてあるが、環境が屋外である場合には、地面（またはコンクリートや道路）の模様が検出される。ただし、屋外であっても、アーケード街などでは、床面と同様に、タイルが敷き詰められている場合もある。

10

【0082】

ただし、カメラ画像に基づいて得られた可動オブジェクトおよび床の模様は、3次元の現実空間を眼カメラ58によって斜め上方から見た場合の画像において検出されるため、その画像がオブジェクト地図情報と同様に、現実空間を真上から俯瞰的に見た2次元の画像（情報）に変換される。ただし、可動オブジェクトおよび床の模様が検出されたカメラ画像を2次元の画像に変換するとき、眼カメラ58のキャリブレーションを行う過程で作成した変換行列が用いられる。したがって、撮影時の眼カメラ58の角度やレンズの中心のずれによって、カメラ画像に歪み（画像の端の付近の歪み）が生じている場合であっても、正しく2次元の情報に変換される。

【0083】

20

そして、たとえば、オブジェクト地図情報に、検出された可動オブジェクトおよび床の模様を登録し、それを格子状に細分化することにより、グリッドマップが生成される。

【0084】

このようにして生成されたグリッドマップを用いて、複数の領域（領域群）が抽出（分割）される。図5（A）には、グリッドマップの一例が示されるが、簡単のため、固定オブジェクト、可動オブジェクトおよび床の模様（以下、これらをまとめて「障害物」ということがある）は省略してある。

【0085】

なお、この実施例では、グリッドに含まれる各柵目（枠）は一辺が現実空間における20cmの長さに相当する大きさに設定されている。したがって、グリッドマップの縮尺に応じて各枠の大きさも変化される。

30

【0086】

また、各枠には、図5（B）に示すように、識別情報（インデックス番号）が付されており、インデックス番号に従う順番で、各枠を基準とするバルーン（領域）の生成が実行される。バルーン（領域）の生成方法については、これ以降で詳細に説明する。

【0087】

この実施例では、グリッドマップが生成されると、このグリッドマップに対応して、図6に示すような参照リストが作成される。この参照リストは、バルーンを生成する際になる円（以下、「伸縮円」という）C(g)を描画する際に、参照されるリストである。図6に示すように、参照リストでは、各枠のインデックス番号に対応して、当該枠の中心の座標（点g）と直線Pの傾きdとの組が記述される。図6からも分かるように、1つの枠（点g）に対して、0°から30°ずつ傾きが異なる直線Pが設定される。この実施例では、傾きdは、0°から330°まで、30°単位で設定される。この実施例では、インデックス番号および傾きの角度の両方が小さい順に、点gと傾きdの組が参照される。

40

【0088】

なお、傾きdは、もっと細かく設定してもよいが、計算が膨大になってしまう。また、オブジェクトが整然と並んでいるような環境では、傾きdをもっと大雑把に設定してもよいと考えられる。

【0089】

50

たとえば、図7(A)に示すように、グリッドの或る枠の点gに傾きdが0°の直線Pが設定されている場合には、まず、当該点gを中心とする伸縮円C(g)が描画される。ただし、伸縮円C(g)が描画された当初では、その半径は0であり、その状態から一段階ずつ半径が長くされる。この実施例では、一段階に相当する長さは、1つの枠の一辺の長さの半分である。したがって、最初に描画される伸縮円C(g)は、図8(A)に示すように、当該点gを中心とする枠に内接する円となる。図8(A)に示す場合において、さらに一段階半径が大きくなると、図8(B)のように示される。このようにして、伸縮円C(g)が拡大される。

【0090】

この実施例では、伸縮円C(g)の半径は、グリッドマップにおける障害物(固定オブジェクト、可動オブジェクトおよび床の模様)に接触(衝突)するまで、一段階ずつ長くされる。そして、伸縮円C(g)が障害物に衝突すると、この伸縮円C(g)の半径は、衝突する直前の(一段階手前)の長さに戻される。同様に、傾きdの直線Pに沿って、当該直線Pが通るすべての枠(点g)のそれぞれについて、その点gを中心とする伸縮円C(g)が描画されるのである。図7(A)に示した例では、斜線を付した枠に対して伸縮円C(g)が描画されるのである。

【0091】

また、この実施例では、1つの伸縮円C(g)を描画すると、次に、その枠(点g)に隣接し、直線Pが通る枠(点g)について伸縮円C(g)が描画され、拡大される。たとえば、参照リストが示す組の枠(点g)を基準として、基本的に右方向(X軸のプラス方向)に隣接し、直線Pが通る枠(点g)に順次伸縮円C(g)を描画する。そして、右方向への伸縮円C(g)の描画を終えると、参照リストが示す組の枠(点g)を基準として、基本的に左方向(Y軸のマイナス方向)に隣接し、直線Pが通る枠(点g)に順次伸縮円C(g)を描画する。

【0092】

したがって、図7(A)に示す場合には、点gが記載された枠について伸縮円C(g)を描画すると、次にその右隣の枠について伸縮円C(g)を描画し、これを繰り返す。右方向への伸縮円C(g)の描画を終えると、点gが記載された枠の左隣の枠について伸縮円C(g)を描画し、次にその左隣の枠について伸縮円C(g)を描画する。

【0093】

図7(B)は、図7(A)に示した点gに対して傾きd=30°の直線Pを設定した場合の例である。この場合にも、直線Pが通る全ての枠について伸縮円C(g)が描画される。つまり、斜線を付したすべての枠に対して伸縮円C(g)が描画されるのである。ただし、図7(B)に示す場合には、まず、点gが記載された枠について伸縮円C(g)が描画されると、次にその右隣の枠に伸縮円C(g)が描画され、さらにその上側に隣接する枠に伸縮円C(g)が描画される。上述したように、基本的に右方向に隣接すると言うのは、図8(B)に示すように、上方向に隣接したり、後述するように、下方向に隣接したりする場合があるためである。右方向への伸縮円C(g)の描画を終えると、点gが記載された枠の左隣の枠に伸縮円C(g)が描画され、さらにその下側に隣接する枠に伸縮円C(g)が描画される。

【0094】

この実施例では、直線Pが通るすべての枠について伸縮円C(g)を描画したり、隣接する枠の点gが障害物上であったり、隣接する枠に描画された2つの伸縮円C(g)の半径が大きく異なったりする場合には、参照リストが示す現在の組における伸縮円C(g)の描画を終了する。このように、直線Pが通るすべての枠について伸縮円C(g)を描画した場合や隣接する枠の点gが障害物上である場合のみならず、隣接する枠に描画された2つの伸縮円C(g)の半径が大きく異なった場合についても、伸縮円C(g)の描画を終了するのは、このような場合には、障害物等によって領域が分割されていると考えられ、1つの領域として抽出するのは適切でないからである。

【0095】

参照リストが示す現在の組についての伸縮円 $C(g)$ の描画を終了すると、今回の組について描画されたすべての伸縮円 $C(g)$ が結合される。この実施例では、今回の組について描画されたすべての伸縮円 $C(g)$ に含まれるすべての枠が塗り潰され、塗り潰されたすべての枠の塊によって、1つの領域(バルーン) $P(C(g), d)$ が生成される。
【0096】

このように、着目する(インデックス番号が示す)枠の点 g と直線 P の傾き d との組において、伸縮円 $C(g)$ の描画を終了し、バルーン $P(C(g), d)$ が生成されると、次の組についての伸縮円 $C(g)$ の描画が開始される。つまり、直線 P の傾き d が 30° 回転される。ただし、直前の組の直線 P の傾き d が 330° であった場合には、次のインデックス番号が示す枠の点 g についての最初の組($d = 0^\circ$ の直線 P)についてバルーン $P(C(g), d)$ の生成処理が実行される。

10

【0097】

ただし、図6では省略したが、1つの組についてのバルーン $P(C(g), d)$ の生成処理を終了すると、当該組に対応する参照リストの欄にチェックが付される。つまり、当該組について、バルーン $P(C(g), d)$ の生成処理を終了したことが登録される。

【0098】

図9および図10には、環境に4つの障害物が存在する場合において、或る枠(図示せず)に着目して、伸縮円 $C(g)$ を描画および拡大した結果の例を示す図解図である。図9(A)および図9(B)では、直線 P の傾き d が 0° の場合について示し、図10(A)および図10(B)では、直線 P の傾き d が 30° の場合について示す。ただし、図9および図10では、分かり易く示すために、代表的な伸縮円 $C(g)$ のみを示してあるが、実際には、さらに多数の伸縮円 $C(g)$ が描画される。

20

【0099】

図9(A)では、直線 P の傾き d は 0° であり、直線 P の上下に配置される2つの障害物が斜めとなっているため、直線 P の両端に向かうに従って伸縮円 $C(g)$ が小さくなっている。したがって、図9(B)に示すように、4つの障害物で囲まれる空間(領域)の形状とは異なり、ひし形に近い形状のバルーン $P(C(g), d)$ が生成される。

【0100】

一方、図10(A)では、直線 P の傾き d は 30° であり、これと平行するように、直線 P の上下に2つの障害物が配置されるため、それらの2つの障害物が配置される間隔と同じ或いはほぼ同じ直径を有する伸縮円 $C(g)$ が直線 P に沿って描画される。したがって、図10(B)に示すように、4つの障害物で囲まれる領域と一致ないしほぼ一致するように、バルーン $P(C(g), d)$ が生成される。

30

【0101】

このようなバルーン $P(C(g), d)$ は、参照リストの組毎に抽出されるが、抽出されたすべてのバルーン $P(C(g), d)$ から、所定のルールに従って、1のバルーン $P(C(g), d)$ が選択され、分割される領域の候補としての集合(候補の集合) $Regions-part$ に登録(追加)される。ここで、1のバルーン $P(C(g), d)$ を選択する方法について説明する。

【0102】

40

一般的に、話し手の近い位置に在る領域は、遠くに在る領域よりも正確に認識されると言える。この知見を表現するために、エネルギーの概念を用いることにする。簡単に言うと、近くに在る小さい領域は、遠くにある大きい領域と同程度のエネルギーを持つようにする。ロボット10の現在位置と枠(点 g)との距離を $d(g)$ とすると、当該枠のエネルギー $E(g)$ は数1のように表すことができる。

【0103】

[数1]

$$E(g) = 1 / d(g)^2$$

抽出されたバルーン $P(C(g), d)$ 毎に、バルーン $P(C(g), d)$ に含まれるすべての枠についてのエネルギー $E(g)$ を算出し、その総和も求める。そして、エネルギー

50

$E(g)$ の総和が最大となる 1 のバルーン $P(C(g), d)$ が選択され、候補の集合 $Regions - part$ に登録（追加）される。

【0104】

1 のバルーン $P(C(g), d)$ が候補の集合 $Region - part$ に登録されると、当該バルーン $P(C(g), d)$ に含まれる枠を除いた残りの枠について、図 6 に示したような参照リストが作成され、新しく作成された参照リストに従って伸縮円 $C(g)$ の描画処理（バルーン $P(C(g), d)$ の生成処理）が実行される。そして、バルーン $P(C(g), d)$ 毎に、エネルギー $E(g)$ の総和が求められ、その総和が最大となるバルーン $P(C(g), d)$ が候補の集合 $Regions - part$ に登録（追加）される。このような処理が繰り返し実行される。そして、領域の候補としてのバルーン $P(C(g), d)$ を生成することができなくなると、候補の集合 $Regions - part$ の生成処理を終了する。この実施例では、グリッドマップに存在する枠の総数の 90% に相当する数を超える枠が、バルーン $P(C(g), d)$ を抽出（生成）する対象から除外された場合に、候補の集合 $Regions - part$ の生成を終了する。これは、領域として抽出できる枠がほとんど残っていないと考えられるからである。その結果として、無駄な処理の実行を回避することができる。

10

【0105】

このような候補の集合 $Regions - part$ の生成処理は、カメラ画像からエッジ検出する際のパラメータ ES を 0 以上 1 以下の間で可変的に設定する毎に実行される。ただし、この実施例では、パラメータ ES は、0 から 0.3、0.6、0.9、1.0 に順次設定される。パラメータ ES が 0 に設定された場合には、床の模様が無い場合のグリッドマップが生成される。また、パラメータ ES が大きくなるにつれて、床の模様がはっきりと現れる。

20

【0106】

また、パラメータ ES が 0 である場合に生成された候補の集合 $Regions - part$ を親階層とし、パラメータ ES が増加された場合に、生成された候補の集合 $Regions - part$ に含まれる領域（バルーン $P(C(g), d)$ ）のうち、親階層の候補の集合 $Regions - part$ に含まれる領域（バルーン $P(C(g), d)$ ）を子階層の領域として登録する。ただし、親階層の領域に含まれる子階層の領域が当該親階層の領域の 80% 以上の範囲を占める場合には、実質的に同じ領域であると判断して、子階層の領域から除去する。このようにして、木構造 $Tree$ に配列された領域が、分割された領域の集合 $Regions$ として抽出される。図 11 には、図 4 に示したカメラ画像を撮影した環境において、分割された領域 $R1 - R7$ の例を示す。図 11 に示すように、領域 $R1$ は、 $R2 - R4$ を含む。これは、領域 $R1$ が親階層であり、領域 $R2 - R4$ がその子階層であることを示す。このように、親階層の領域 $R1$ の中に子階層 $R2 - R4$ が現れるのは、パラメータ ES を大きくすることにより、床の模様が現れ、それによって伸縮円 $C(g)$ を描画する範囲が狭くなるためである。ただし、図 11 に示すように、環境におけるロボット 10 の位置は領域 $R1$ および $R2$ の少し下側である。

30

【0107】

分割された領域の集合 $Regions$ から、人間からの質問（リクエスト）に応じた 1 つの領域 R が選択される。たとえば、人間から荷物を置く場所を質問された場合には、分割された領域の集合 $Regions$ に含まれる複数の領域から当該荷物の底面積以上の面積を有する領域を、候補の領域 R_Cand として抽出し、抽出した候補のうちから所定の条件を満たす 1 の領域 R を選択する。この実施例では、所定の条件は、ロボット 10（特定の位置）との距離が最短距離であることである。ただし、所定の条件は、質問した人間との距離が最短距離であることでもよい。

40

【0108】

領域 R を選択すると、リクエストした人間に対してその領域 R を伝達する場合のロボット 10 のジェスチャ（身体動作）、発話内容および位置（ジェスチャや発話を実行する場合のロボット 10 の位置）が決定される。つまり、領域 R を参照したコミュニケーション

50

行動を行うロボット 10 の制御情報が決定される。

【0109】

たとえば、領域 R を参照したコミュニケーション行動をロボット 10 に実行させるために、人間が領域 R を参照する際に、どのようなジェスチャを用い、どのような指示語を用い、どのように領域 R を認識するのかを実験によって導き出した。

【0110】

実験には、10名の被験者(20代、30代の男性4人と女性6人)が参加した。また、実験では、被験者に、或る建物内の5箇所において、実験者から1m離れて立つように指示した。その際、被験者と実験者とは同じ方向を向いた。各場所においては、必要とする領域のサイズが異なると考えられる6つのタスク(ロボット10に対するリクエストに相当する)を用意した。タスクT1は、「かばんを置く」である。タスクT2は、「人を立って待つ」である。タスクT3は、「立ち話をする」である。タスクT4は、「20個ほどの引っ越しの荷物を置く」である。タスクT5は、「次々に来る幼稚園児を誘導し待機させておく」である。タスクT6は、「ラジコン自動車を走らせる」である。まず、各タスクを実行できると考えられる領域を思い浮かべ、その後、実験者に領域を伝えるよう、各被験者に指示された。

【0111】

ただし、この実施例では、領域を参照する際の指示語モデルを構築するために、発話内容を「ここ」、「そこ」、「あそこ」、「この辺」、「その辺」、「あの辺」の6つから選択するように制限した。また、各被験者には、ジェスチャも使用するよう指示された。

【0112】

このような実験の結果では、領域を参照する場合、腕と人差し指を領域に向けて伸ばし、一時的にその状態を保つ身体動作(説明の都合上、「第1動作」という)と、腕と人差し指を領域に向けて伸ばした後に、領域を指示するように、人差し指で円を描く身体動作(説明の都合上、「第2動作」という)とが大多数を占めた。また、第1動作の回数と第2動作の回数との割合を調べたところ、第2動作によって領域を参照するケースが8割を超えていた。したがって、この実施例では、領域を参照する際には、ロボット10に第2動作を実行させることにする。ただし、ロボット10は、指に相当する部位を有していないため、球状に形成された手の全体によって領域を指示するものとする。

【0113】

また、領域を第2動作によって参照する場合には、領域の大きさによって、人差し指で描く円の大きさが異なることも、上記の実験の結果に基づいて導き出された。具体的には、実験において、被験者が第2動作で参照し、写真上に描いた領域のピクセル数を数えた。その結果、ピクセル数が0よりも多く50以下である場合には、つまり被験者からの見た目の領域の大きさが小さい場合には、小さな円を描く。また、ピクセル数が50よりも多く400以下である場合には、つまり被験者からの見た目の領域の大きさが中程度である場合には、中程度の大きさの円を描く。さらに、ピクセル数が400よりも多い場合には、つまり被験者からの見た目の領域の大きさが大きい場合には、大きい円を描く。

【0114】

指示語については、領域の面積が 1.7 m^2 よりも大きい場合には、被験者は「辺」の付いた指示語(「この辺」、「その辺」、「あの辺」)を使用する頻度が高い。また、領域の面積が 1.7 m^2 以下である場合には、被験者は「辺」の付いていない指示語(「ここ」、「そこ」、「あそこ」)を使用する頻度が高い。したがって、ロボット10に指示語を発話させる場合には、参照する領域の大きさに応じて「辺」を付けるか否かを判別することができる。

【0115】

また、「こ」、「そ」、「あ」の使い分け(指示語切替)については、上述の実験の結果と、本件の出願人が先に出願し既に公開された特開2006-231497号(参考文献)に開示された指示語決定モデルおよび指示語決定方法とに従って決定される。この実施例の指示語切替モデルは、図12に示される。ただし、この実施例では、領域を参照す

るため、参照する領域のうち、ロボット10（話し手）に最も近い点（以下、「領域の最近点」という）を、上記の参考文献におけるオブジェクトに置き換えて考えてある。

【0116】

具体的には、領域の最近点が聞き手（リクエストした人間）よりも話し手（ロボット10）に近い場合には、次のように、「こ（ここ、この辺）」、「そ（そこ、その辺）」、「あ（あそこ、あの辺）」が決定される。パラメータ d_{SO} がパラメータ $f_{KS}(d_{SL}, \theta_{SO}, \theta_{LO})$ 以下である場合には、「ここ」または「この辺」に決定される。パラメータ d_{SO} がパラメータ $f_{SA}(d_{SL}, \theta_{SO}, \theta_{LO})$ 以下である場合には、「そこ」または「その辺」に決定される。パラメータ d_{SO} がパラメータ $f_{SA}(d_{SL}, \theta_{SO}, \theta_{LO})$ 以上である場合には、「あそこ」または「あの辺」に決定される。

10

【0117】

また、領域の最近点が話し手よりも聞き手に近い場合には、次のように、「そ」、「あ」が決定される。パラメータ d_{LO} がパラメータ $f_{SA}(d_{SL}, \theta_{SO}, \theta_{LO})$ 以下である場合には、「そこ」または「その辺」に決定される。また、パラメータ d_{LO} がパラメータ $f_{SA}(d_{SL}, \theta_{SO}, \theta_{LO})$ 以上である場合には、「あそこ」または「あの辺」に決定される。

【0118】

ただし、パラメータ d_{SO} は、話し手から領域の最近点までの距離である。パラメータ d_{LO} は、聞き手から領域の最近点までの距離である。パラメータ f_{KS} は、「こ」と「そ」の境界曲線である。また、パラメータ f_{SA} は、「そ」と「あ」の境界曲線である。パラメータ d_{SL} は、話し手と聞き手との距離である。パラメータ θ_{SO} は、話し手と聞き手とを結ぶ線分と、話し手と最近点とを結ぶ線分とがなす角度である。そして、パラメータ θ_{LO} は、話し手と聞き手とを結ぶ線分と、聞き手と最近点とを結ぶ線分とがなす角度である。

20

【0119】

したがって、指示語は、参照する領域の大きさによって、「辺」付きかどうかを決定し、図12に示すような指示語切替モデルに従って、「こ」、「そ」、「あ」のいずれかを決定することにより、決定される。

【0120】

なお、図12では、「こ」、「そ」、「あ」領域の上半分のみを記載してあるが、それらの領域の下半分は上半分と上下対称に表される。

30

【0121】

次に、領域Rを参照する場合のロボット10の位置について説明する。上述したように、ロボット10は、領域Rを参照する際、第2動作を実行するため、図13に示すように、その第2動作によって描かれる円が参照する領域R（図13では、R11）に隣接する他の領域（図13では、R12）までも指示してしまうことがある。このような場合には、相対言語の割り当てられた領域（説明の都合上、「相対言語割り当て領域」という） R_{Er} に、参照する領域Rが含まれているかどうかを判断する。ここで、相対言語割り当て領域 R_{Er} に領域Rが含まれている場合には、指示語に代えて、相対言語を用いた発話によって、領域Rを参照する。ただし、その相対言語割り当て領域 R_{Er} に、上記した隣接する他の領域（図13では、R12）が含まれている場合には、領域Rを正しく指示することができない。また、相対割り当て領域 R_{Er} に領域Rが含まれていない場合には、相対言語を用いた発話によって、領域Rを指示することもできない。

40

【0122】

かかる場合には、第2動作によって描かれる円が参照する領域Rのみを指示するように、ロボット10の位置を領域Rに近づけるようにしてある。たとえば、ロボット10を、所定距離D（この実施例では、20cm）ずつ、参照する領域Rに近づけて、その都度、第2動作によって描かれる円が参照する領域Rのみを指示するか否かが判断される。ただし、図13に示すように、ロボット10の腕の長手方向の軸を中心とし、角度 θ_p だけ傾斜させるようにして描いた円を2次元平面に投影した円ないし楕円（指示領域 A_p ）が領

50

域 R のみを指示するか、または他の領域も指示するかを判断するのである。ただし、角度 θ_p は、上述したように、領域 R の大きさに従って変化される。

【 0 1 2 3 】

図 1 4 には、図 2 に示したメモリ 6 4 (R A M) のメモリマップ 2 0 0 の一例が示される。図 1 4 に示すように、メモリ 6 4 は、プログラム記憶領域 2 0 2 およびデータ記憶領域 2 0 4 を含む。プログラム記憶領域 2 0 2 には、メイン処理プログラム 2 0 2 a、領域分割プログラム 2 0 2 b、領域選択プログラム 2 0 2 c、制御プログラム 2 0 2 d などが記憶される。

【 0 1 2 4 】

メイン処理プログラム 2 0 2 a は、ロボット 1 2 の全体制御のメインルーチン进行处理するためのプログラムである。領域分割プログラム 2 0 2 b は、グリッドマップから木構造の領域群を抽出 (分割) するためのプログラムである。領域選択プログラム 2 0 2 c は、人間からのリクエストに応じた 1 つの領域を木構造の領域群から選択するためのプログラムである。制御プログラム 2 0 2 d は、コミュニケーション行動の行動モジュールに従って、身体動作および発話の少なくとも一方を実行するためのプログラムである。

【 0 1 2 5 】

なお、図示は省略するが、プログラム記憶領域には、上述したように、検知プログラムや通信プログラムが記憶されるとともに、撮影プログラムや音声認識プログラムなども記憶される。撮影プログラムは、全方位カメラ 3 4 や眼カメラ 5 6 を用いて撮影処理を実行し、撮影した画像 (カメラ画像) をメモリ 6 4 に記憶するためのプログラムである。音声認識プログラムは、人間が発話した音声をマイク 5 4 を通して検出し、辞書データ (図示せず) を用いて D P マッチングや H M M 法により、検出した音声を認識するためのプログラムである。

【 0 1 2 6 】

データ記憶領域 2 0 4 には、リクエストバッファ 2 0 4 a が設けられる。リクエストバッファ 2 0 4 a は、人間からの質問 (リクエスト) の内容を時系列に従って記憶するための記憶領域である。したがって、人間からのリクエストを処理した後では、当該リクエストはリクエストバッファ 2 0 4 a から削除される。

【 0 1 2 7 】

また、データ記憶領域 2 0 4 には、マップデータ 2 0 4 b、カメラ画像データ 2 0 4 c、距離データ 2 0 4 d、領域群データ 2 0 4 e、指示語切替データ 2 0 4 f、相対言語テーブルデータ 2 0 4 g が記憶される。

【 0 1 2 8 】

マップデータは、図 3 に示した固定オブジェクトが記述されたオブジェクト地図情報についてのデータである。カメラ画像データ 2 0 4 c は、ロボット 1 0 の眼カメラ 5 8 で環境内を撮影したときのカメラ画像についてのデータである。距離データ 2 0 4 d は、位置 (X Y 座標) に対応して記憶された方向 (角度) および距離についてのデータである。

【 0 1 2 9 】

領域群データ 2 0 4 e は、領域分割プログラム 2 0 2 b に従って取得された木構造の領域群についてのデータである。指示語切替データ 2 0 4 f は、図 1 2 に示した指示語切替モデルに対応する指示語を切り替えるためのパラメータ ($d_{s o}$, $d_{L o}$, $f_{K s}$, f_{S_A}) についてのデータである。相対言語テーブルデータ 2 0 4 g は、固定オブジェクトに対して予め設定されている領域およびその領域に対応する発話内容についてのデータである。これは、指示語では、領域を参照するのが困難な場合に、領域を簡単に区別するために用いられる発話内容および対応する領域である。図 1 5 に、相対言語テーブルの具体例が示される。図 1 5 に示す例では、相対言語テーブルは、I D に対応して、相対言語割り当て領域 R_{E_r} を規定する 4 つの頂点の座標および相対言語表現 E_r が記述される。たとえば、相対言語割り当て領域 R_{E_r} は、図 1 6 の点線枠で示すように、図 3 に示したオブジェクト地図情報における固定オブジェクトに対応して予め設定されるのである。

【 0 1 3 0 】

図 1 4 に戻って、図示は省略するが、データ記憶領域 2 0 4 には、ロボット 1 0 の制御に必要な他のデータが記憶されたり、カウンタ（タイマ）やフラグが設けられたりする。

【 0 1 3 1 】

図 1 7 は図 2 に示した CPU 6 0 のロボット制御の全体処理を示すフロー図である。たとえば、ロボット 1 0 が人間に遭遇したり人間に触られたりすると、CPU 6 0 は全体処理を開始する。図 1 7 に示すように、CPU 6 0 は、全体処理を開始すると、ステップ S 1 で、オブジェクト地図情報を取得する。つまり、CPU 6 0 は、マップデータ 2 0 4 b を不揮発性のメモリや外部のコンピュータから読み込む。次のステップ 3 では、カメラ画像を取得する。つまり、CPU 6 0 は、眼カメラ 5 8 によって撮影された画像（カメラ画像）を取得し、取得したカメラ画像に対応するカメラ画像データ 2 0 4 c をデータ記憶領域 2 0 4 に記憶する。

10

【 0 1 3 2 】

なお、ロボット 1 0 は、最初に、XY 座標が既知である環境の所定の位置に配置され、その後、自走する場合の移動方向および移動距離によって自身の現在位置を更新している。ただし、環境センサを設けておき、現在位置を適宜修正できるようにしてもよい。

【 0 1 3 3 】

次のステップ S 5 では、距離情報を取得する。つまり、CPU 6 0 は、予めロボット 1 0 を移動させ、距離センサ 2 8 によって距離を検出したときのロボット 1 0 の位置に対応して、そのときのロボット 1 0 の方向（角度）および検出した距離についての距離データ 2 0 4 d を、不揮発性のメモリなどから取得して、データ記憶領域 2 0 4 に記憶する。これは、主として、グリッドマップに、可動オブジェクトの情報を追加するために用いられる。

20

【 0 1 3 4 】

続いて、ステップ S 7 では、後述する領域分割処理（図 1 8 および図 1 9 参照）を実行する。次のステップ S 9 では、後述する領域選択処理（図 2 5 および図 2 6 参照）を実行する。さらに、ステップ S 1 1 では、後述する制御情報の決定処理（図 2 7 および図 2 8 参照）を実行する。そして、ステップ S 1 3 では、ステップ S 1 1 で決定した制御情報（身体動作 G、発話内容 E、位置 P o s）を実行する。つまり、領域 R を参照したコミュニケーション行動が実行される。

【 0 1 3 5 】

続いて、ステップ S 1 5 では、他の質問（リクエスト）が有るかどうかを判断する。つまり、CPU 6 0 は、リクエストバッファ 2 0 4 a に記憶されたリクエストデータに従うリクエストをすべて処理したかどうかを判断する。ステップ S 1 5 で“YES”であれば、つまり他の質問があれば、ステップ S 9 に戻る。一方、ステップ S 1 5 で“YES”であれば、そのまま全体処理を終了する。

30

【 0 1 3 6 】

図 1 8 および図 1 9 は、図 1 7 に示したステップ S 7 の領域分割処理のフロー図である。図 1 8 に示すように、CPU 6 0 は、領域群抽出処理を開始すると、ステップ S 3 1 で、領域の木構造を初期化する。つまり、CPU 6 0 は、領域群データ 2 0 4 e をリセットする。続くステップ S 3 3 では、エッジ検出のパラメータ E S を初期化する（E S = 0）。ただし、パラメータ E S は 0 以上 1 以下の範囲で変化され、この実施例では、後述するように、0.3 ずつ変化される。このパラメータ E S の値が小さい程、領域の境界が検出され難い。

40

【 0 1 3 7 】

続くステップ S 3 5 では、カメラ画像からパラメータ E S でエッジ検出を実行する。次のステップ S 3 7 では、床の模様を検出する。ただし、パラメータ E S が 0 の場合には、床の模様は検出されない。次のステップ S 3 9 では、カメラ画像と距離情報とから可動オブジェクトを検出する。ただし、ステップ S 3 9 の処理が実行されることにより、固定オブジェクトも検出される。そして、ステップ S 4 1 では、グリッドマップを生成する。つまり、オブジェクト地図情報に、可動オブジェクトおよび床の模様の情報が追加され、格

50

子状に細分化される。

【 0 1 3 8 】

次に、ステップ S 4 3 で、後述する候補の集合取得処理（図 2 0 参照）を実行し、図 1 9 に示すステップ S 4 5 で、候補の集合 Regions - part から 1 つの領域 R c を取り出す。次のステップ S 4 7 では、木構造 Tree から領域 R c の上位階層になる領域 R p を探す。つまり、CPU 6 0 は、領域 R c を含む領域 R p が有るかどうかを検索するのである。

【 0 1 3 9 】

そして、ステップ S 4 9 では、領域 R c が領域 R p と閾値以上重なっているかどうかを判断する。ここでは、閾値は 8 0 % であり、領域 R c が領域 R p の 8 0 % 以上の範囲となまっている場合には、それらは同じ或いは略同じ領域であると判断される。したがって、ステップ S 4 9 で “ Y E S ” であれば、つまり領域 R c が領域 R p と閾値以上重なっている場合には、ステップ S 5 1 で、領域 R c を破棄して、ステップ S 5 5 に進む。一方、ステップ S 4 9 で “ N O ” であれば、つまり領域 R c が領域 R p と閾値以上重なっていない場合には、領域 R c を領域 R p の子階層として登録して、ステップ S 5 5 に進む。

【 0 1 4 0 】

ステップ S 5 5 では、候補の集合 Regions - part 中に領域が残っているかどうかを判断する。ステップ S 5 5 で “ Y E S ” であれば、つまり候補の集合 Regions - part 中に領域が残っていれば、ステップ S 4 5 に戻って次の領域 R c を取り出す。一方、ステップ S 5 5 で “ N O ” であれば、つまり候補の集合 Regions - part 中に領域が残っていない場合には、ステップ S 5 7 で、パラメータ E S が 1 であるかどうかを判断する。

【 0 1 4 1 】

ステップ S 5 7 で “ N O ” であれば、つまりパラメータ E S が 1 でなければ、ステップ S 5 9 で、パラメータ E S を所定値増加させて、図 1 8 に示したステップ S 3 5 に戻る。たとえば、所定値は 0 . 3 に設定してある。ただし、パラメータ E S は 1 (1 . 0) を超えると、その値は 1 . 0 に設定される。したがって、パラメータ E S は、0 . 3、0 . 6、0 . 9、1 . 0 と設定される。ただし、これは一例であり、パラメータ E S は、0 . 1 または 0 . 2 ずつ増加させてもよい。一方、ステップ S 5 7 で “ Y E S ” であれば、つまりパラメータ E S が 1 であれば、ステップ S 6 1 で、木構造 Tree 中の領域を、分割された領域の集合 Regions として抽出し、全体処理にリターンする。つまり、人間に伝達可能な領域が抽出（分割）される。図示は省略したが、この分割された領域の集合 Regions のデータもデータ記憶領域 2 0 4 の作業領域に記憶される。

【 0 1 4 2 】

図 2 0 は、図 1 8 のステップ S 4 3 に示した候補の集合取得処理のフロー図である。図 2 0 に示すように、CPU 6 0 は、候補の集合取得処理を開始すると、ステップ S 8 1 で、グリッドマップに対応する図 6 に示したような参照リストを作成する。次のステップ S 8 3 では、後述するバルーン取得処理（図 2 1 ないし図 2 4 参照）を実行して、ステップ S 8 5 で、すべてのバルーン P (C (g) , d) のエネルギー E (P (C (g) , d)) を算出する。そして、ステップ S 8 7 で、最大のエネルギーとなるバルーン P (C (g _ m a x) , d _ m a x) を抽出する。つまり、ロボット 1 0 に、より近く、より大きなバルーン P (C (g) , d) が抽出されるのである。

【 0 1 4 3 】

次のステップ S 8 9 では、候補の集合 Regions - part に、抽出したバルーン P (C (g _ m a x) , d _ m a x) を登録する。図示は省略したが、候補の集合 Regions - part は、メモリ 6 4 の作業領域に記憶される。続くステップ S 9 1 では、グリッドマップからバルーン P (C (g _ m a x) , d _ m a x) を削除する。つまり、バルーン P (C (g _ m a x) , d _ m a x) に含まれるすべての枠を、グリッドマップにおいて、領域を抽出する範囲から除外するのである。

【 0 1 4 4 】

10

20

30

40

50

続くステップS 9 3では、グリッドマップ中に領域を抽出できるだけの枠が残っているかどうかを判断する。この実施例では、CPU 6 0は、全枠数の1 0 %以上の枠数が残っているかどうかを判断しているのである。ステップS 9 3で“YES”であれば、つまりグリッドマップ中に領域を抽出できるだけの枠が残っていれば、ステップS 8 1に戻る。つまり、残りの枠についてインデックス番号が付され、図6に示したような参照リストが作成し直される。一方、ステップS 9 3で“NO”であれば、つまりグリッドマップ中に領域を抽出できるだけの枠が残っていなければ、そのまま全体処理にリターンする。

【0 1 4 5】

図2 1 - 図2 4は、図2 0に示したステップS 8 3のバルーン取得処理のフロー図である。図2 1に示すように、CPU 6 0は、バルーン取得処理を開始すると、ステップS 1 1 1で、参照リストの最初の組の点gおよび直線P ($d = 0^\circ$)を設定する。次のステップS 1 1 3では、点gを中心とする伸縮円C (g)の半径を一段階拡大する。つまり、CPU 6 0は、1つの枠(桧目)の一边の長さの半分だけ、伸縮円C (g)の半径を延ばす。続くステップS 1 1 5では、伸縮円C (g)が障害物に当たったかどうかを判断する。つまり、CPU 6 0は、伸縮円C (g)が、少なくとも、障害物が描画された枠に接触してしまったかどうかを判断する。

【0 1 4 6】

ステップS 1 1 5で“NO”であれば、つまり伸縮円C (g)が障害物に当たっていなければ、ステップS 1 1 3に戻る。一方、ステップS 1 1 5で“YES”であれば、つまり伸縮円C (g)が障害物に当れば、ステップS 1 1 7で、一段階手前の伸縮円C (g)の半径に設定して、ステップS 1 1 9で、点gを変数g - p r eに設定し、伸縮円C (g)の半径を変数r - p r eに設定する。ただし、変数g - p r eは、現在の点gについての座標を示し、変数r - p r eは、変数g - p r eに設定された点gにおける伸縮円C (g)の半径を示す。

【0 1 4 7】

続くステップS 1 2 1では、傾きdが 90° または 270° であるかどうかを判断する。ステップS 1 2 1で“NO”であれば、つまり傾きdが 90° または 270° でなければ、ステップS 1 2 3で、傾きdの直線P上の点g - p r eのX軸のプラス方向またはY軸の方向(プラス方向またはマイナス方向)の隣の点g - c u rを取得して、図2 2に示すステップS 1 2 7に進む。つまり、ステップS 1 2 3では、点g - p r eが存在する枠の隣(右側の隣、上側の隣、または下側の隣)であり、直線Pが通る枠の点g - c u rを取得されるのである。一方、ステップS 1 2 1で“YES”であれば、つまり傾きdが 90° または 270° であれば、ステップS 1 2 5で、傾きdの直線P上の点g - p r eのY軸のプラス方向の隣の点g - c u rを取得して、ステップS 1 2 7に進む。

【0 1 4 8】

図2 2に示すように、ステップS 1 2 7では、点g - c u rが有るかどうかを判断する。つまり、当該直線P上において、現在参照リストが示す枠のX軸のプラス方向に隣接する(Y軸方向に隣接する場合もある)すべての枠に伸縮円C (g)を描画したかどうかを判断する。ステップS 1 2 7で“NO”であれば、つまり点g - c u rが無ければ、X軸のプラス方向への伸縮円C (g)の描画を終了したと判断して、図2 3に示すステップS 1 4 3に進む。一方、ステップS 1 2 7で“YES”であれば、つまり点g - c u rがあれば、ステップS 1 2 9で、点g - c u rが障害物上であるかどうかを判断する。

【0 1 4 9】

ステップS 1 2 9で“YES”であれば、つまり点g - c u rが障害物上であれば、X軸のプラス方向への伸縮円C (g)の描画を終了して、ステップS 1 4 3に進む。これは、障害物によって、領域が分割されている(途切れている)と考えられるためである。一方、ステップS 1 2 9で“NO”であれば、つまり点g - c u rが障害物上でなければ、ステップS 1 3 1で、点p - c u rを中心とする伸縮円C (g - c u r)の半径を一段階拡大する。続くステップS 1 3 3では、伸縮円C (g - c u r)が障害物に当たったかどうかを判断する。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 0 】

ステップ S 1 3 3 で “ N O ” であれば、つまり伸縮円 C (g - c u r) が障害物に当たってなければ、そのままステップ S 1 3 1 に戻る。一方、ステップ S 1 3 3 で “ Y E S ” であれば、つまり伸縮円 C (g - c u r) が障害物に当れば、ステップ S 1 3 5 で、伸縮円 C (g - c u r) の半径を一段階前の半径に設定し、ステップ S 1 3 7 で、伸縮円 C (g - c u r) の半径を変数 r - c u r に設定する。

【 0 1 5 1 】

そして、ステップ S 1 3 9 では、 $r - p r e / r - c u r$ が第 1 閾値 (たとえば、1 . 3) 以上であるかどうかを判断する。ステップ S 1 3 9 で “ Y E S ” であれば、つまり $r - p r e / r - c u r$ が第 1 閾値以上であれば、領域を分割するべきであると判断し、X 軸のプラス方向への伸縮円 C (g) の描画を終了して、ステップ S 1 4 3 に進む。一方、ステップ S 1 3 9 で “ N O ” であれば、つまり $r - p r e / r - c u r$ が第 1 閾値未満であれば、ステップ S 1 4 1 で、 $r - p r e / r - c u r$ が第 2 閾値 (たとえば、0 . 7) 以下であるかどうかを判断する。ステップ S 1 4 1 で “ N O ” であれば、つまり $r - p r e / r - c u r$ が第 2 閾値を超えていれば、図 2 1 に示したステップ S 1 2 1 に戻って、X 軸のプラス方向への伸縮円 C (g) の描画を継続する。一方、ステップ S 1 4 1 で “ Y E S ” であれば、つまり $r - p r e / r - c u r$ が第 2 閾値 (たとえば、0 . 7) 以下であれば、領域を分割するべきであると判断し、X 軸のプラス方向への伸縮円 C (g) の描画を終了して、ステップ S 1 4 3 に進む。

【 0 1 5 2 】

ステップ S 1 3 9 およびステップ S 1 4 1 では、隣接する枠に描画された伸縮円 C (g) の半径 (大きさ) が急激に変化したかどうかを判断し、急激に変化している場合には、領域を分割するべきと判断しているのである。

【 0 1 5 3 】

図 2 3 に示すように、ステップ S 1 4 3 では、参照リストが示す着目する枠の点 g に戻す。これは、X 軸のプラス方向に続いて、X 軸のマイナス方向への伸縮円 C (g) の描画を開始するためである。X 軸のマイナス方向の伸縮円 C (g) の描画処理は、上述した X 軸のプラス方向への描画処理と同様の処理が実行されるため、重複する内容については簡単に説明することにする。

【 0 1 5 4 】

次のステップ S 4 5 では、傾き d が 9 0 ° または 2 7 0 ° であるかどうかを判断する。ステップ S 1 4 5 で “ N O ” であれば、ステップ S 1 4 7 で、傾き d の直線 P 上の点 g - p r e の X 軸のマイナス方向または Y 軸方向 (プラス方向またはマイナス方向) の隣の点 g - c u r を取得して、ステップ S 1 5 1 に進む。一方、ステップ S 1 4 5 で “ Y E S ” であれば、つまり、傾き d の直線 P 上の点 g - p r e の Y 軸のマイナス方向の隣の点 g - c u r を取得して、ステップ S 1 5 1 に進む。

【 0 1 5 5 】

ステップ S 1 5 1 では、点 g - c u r が有るかどうかを判断する。ステップ S 1 5 1 で “ N O ” であれば、図 2 4 に示すステップ S 1 6 7 にそのまま進む。一方、ステップ S 1 5 1 で “ Y E S ” であれば、ステップ S 1 5 3 で、点 g - c u r が障害物上であるかどうかを判断する。ステップ S 1 5 3 で “ Y E S ” であれば、そのままステップ S 1 6 7 に進む。一方、ステップ S 1 5 3 で “ N O ” であれば、ステップ S 1 5 5 で、点 g - c u r を中心とする伸縮円 C (g - c u r) の半径を一段階拡大する。そして、ステップ S 1 5 7 で、伸縮円 C (g - c u r) が障害物に当たったかどうかを判断する。

【 0 1 5 6 】

ステップ S 1 5 7 で “ N O ” であれば、そのままステップ S 1 5 5 に戻る。一方、ステップ S 1 5 7 で “ Y E S ” であれば、図 2 4 に示すステップ S 1 5 9 で、伸縮円 C (g - c u r) の半径を一段階前の半径に設定して、ステップ S 1 6 1 で、伸縮円 C (g - c u r) の半径を変数 r - c u r に設定する。続くステップ S 1 6 3 では、 $r - p r e / r - c u r$ が第 1 閾値以上であるかどうかを判断する。ステップ S 1 6 3 で “ Y E S ” であれ

10

20

30

40

50

ば、そのままステップ S 1 6 7 に進む。一方、ステップ S 1 6 3 で “ N O ” であれば、ステップ S 1 6 5 で、 $r - pre / r - cur$ が第 2 閾値以下であるかどうかを判断する。ステップ S 1 6 5 で “ N O ” であれば、図 2 3 に示したステップ S 1 4 5 に戻って、X 軸のマイナス方向への伸縮円 C (g) の描画を継続する。一方、ステップ S 1 6 5 で “ Y E S ” であれば、ステップ S 1 6 7 に進む。

【 0 1 5 7 】

ステップ S 1 6 7 では、すべての伸縮円 C (g) を結合して、バルーン P (C (g) , d) を生成する。つまり、参照リストが示す今回の組について描画された伸縮円 C (g) に含まれるすべての枠が 1 つの塊として抽出され、バルーン P (C (g) , d) が生成される。

10

【 0 1 5 8 】

次のステップ S 1 6 9 では、参照リストが示す直線 P の傾き d が 3 3 0 ° であるかどうかを判断する。ステップ S 1 6 9 で “ N O ” であれば、つまり参照リストが示す直線 P の傾き d が 3 3 0 ° でなければ、ステップ S 1 7 1 で、現在の枠の点に、次の組が示す傾き d の直線 P を設定して、図 2 1 のステップ S 1 1 3 に戻る。つまり、ステップ S 1 7 1 では、直前の組の枠と同じ枠の点 g に、傾き d を 3 0 ° 変えた直線 P が設定される。

【 0 1 5 9 】

一方、ステップ S 1 6 9 で “ Y E S ” であれば、つまり参照リストが示す直線 P の傾き d が 3 3 0 ° であれば、ステップ S 1 7 3 で、参照リストのすべての組について伸縮円 C (g) の描画処理を実行したかどうかを判断する。ステップ S 1 7 3 で “ N O ” であれば、つまり参照リストにおいて伸縮円 C (g) の描画処理を行っていない組が残っている場合には、ステップ S 1 7 5 で、次の組が示す枠の点 g および傾き d の直線 P を設定して、ステップ S 1 1 3 に戻る。つまり、ステップ S 1 7 5 では、直前の組の枠の次のインデックス番号で示される枠の点 g に、傾き d = 0 ° の直線 P が設定される。一方、ステップ S 1 7 5 で “ Y E S ” であれば、つまり参照リストのすべての組について伸縮円 C (g) の描画処理を実行すると、候補の集合取得処理にリターンする。

20

【 0 1 6 0 】

なお、図示は省略するが、ステップ S 1 6 9 で “ Y E S ” と判断された場合には、直前に伸縮円 C (g) の描画処理を実行した組について、当該描画処理を終了したことが参照リストにおいてチェックされる。

30

【 0 1 6 1 】

図 2 5 および図 2 6 は、図 1 7 に示したステップ S 9 の領域選択処理のフロー図である。図 2 5 に示すように、C P U 6 0 は、領域選択処理を開始すると、ステップ S 1 9 1 で、人間から荷物についての情報を聞く。ここでは、C P U 6 0 は、荷物の大きさについて質問するための合成音声スピーカ 5 2 から出力する。次のステップ S 1 9 3 では、荷物の底面積 S i z e を取得する。たとえば、C P U 6 0 は、人間の返答に対応する音声を、マイク 5 4 を通して検出し、その音声を認識することにより、荷物の大きさから底面積 S i z e を取得する。図示は省略するが、荷物の大きさに対応する底面積を記載したテーブルについてのデータを記憶しておき、C P U 6 0 は、そのテーブルを参照して、荷物の大きさに応じた底面積 S i z e を取得する。

40

【 0 1 6 2 】

なお、この実施例では、ロボット 1 0 が人間とインタラクションすることにより、荷物の底面積 S i z e を取得するようにしてあるが、眼カメラ 5 8 で撮影した画像から荷物の大きさを推定して底面積 S i z e を取得するようにしてもよい。または、眼カメラ 5 8 で撮影した画像から直接底面積 S i z e を推定 (取得) するようにしてもよい。

【 0 1 6 3 】

図 2 5 に戻って、次のステップ S 1 9 5 では、変数 i を初期化する (i = 1)。この変数 i は、分割された領域の集合 R e g i o n s に含まれる複数の領域 R を個別に識別するために設定される。続くステップ S 1 9 7 では、分割された領域の集合 R e g i o n s から領域 R i を読み出す。次のステップ S 1 9 9 では、領域 R i の面積 R i _ S i z e が底

50

面積 S_{i_size} よりも大きいかどうかを判断する。ただし、領域 R_{i_size} は、それに含まれる枠の数に、1つの枠についての実空間における面積（この実施例では、 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ ）を乗算して求められる。

【0164】

ステップ S199 で “NO” であれば、つまり領域 R_i の面積 R_{i_size} が底面積 S_{i_size} 以下であれば、荷物を置ける大きさを有していないと判断して、そのままステップ S203 に進む。一方、ステップ S199 で “YES” であれば、つまり領域 R_i の面積 R_{i_size} が底面積 S_{i_size} を超えていれば、荷物を置ける大きさを有していると判断して、ステップ S201 で、領域 R_i を選択候補の集合 R_cands に登録して、ステップ S203 に進む。つまり、ステップ S201 では、領域 R_i が、参照（人間に指示）する領域 R の候補として選択されるのである。

10

【0165】

ステップ S203 では、変数 i を 1 加算する ($i = i + 1$)。そして、ステップ S205 で、変数 i が最大値を超えたかどうかを判断する。つまり、ステップ S205 では、分割された領域の集合 $Regions$ に登録されているすべての領域 R_i についてステップ S199 の判断処理を実行したかどうかを判断しているのである。ステップ S205 で “NO” であれば、つまり変数 i が最大値以下であれば、そのままステップ S197 に戻る。つまり、次の領域 R_i についてステップ S199 の処理が実行される。一方、ステップ S205 で “YES” であれば、つまり変数 i が最大値を超えると、図 26 に示すステップ S27 で、変数 j を初期化する ($j = 1$)。この変数 j は、選択候補の集合 R_cands に含まれる領域を識別するために設定される。

20

【0166】

次のステップ S209 では、変数 $dmin$ に初期値を設定する ($dmin = \infty$)。この変数 $dmin$ は、領域 R_j と人間との最短距離を検出するために用いられる。続くステップ S211 では、選択候補の集合 R_cands から領域 R_j を読み出す。そして、ステップ S213 で、領域 R_j と人間との距離 d_j （上記したパラメータ d_{lo} に相当する）が変数 $dmin$ よりも小さいかどうかを判断する。ただし、領域 R_j と人間との距離 d_j は、領域 R_j に含まれる点のうち、最も人間に近い点と人間の現在位置との距離である。

【0167】

ステップ S213 で “NO” であれば、つまり領域 R_j と人間との距離 d_j が変数 $dmin$ 以上であれば、距離 d_j は最短距離でないと判断して、そのままステップ S219 に進む。一方、ステップ S213 で “YES” であれば、つまり領域 R_j と人間との距離 d_j が変数 $dmin$ よりも小さければ、距離 d_j は現時点において最短距離であると判断して、ステップ S215 で、変数 $dmin$ に距離 d_j を代入して、ステップ S217 で、領域 R_j を参照する領域 R に設定（選択）して、ステップ S219 に進む。

30

【0168】

ステップ S219 では、変数 j を 1 加算する ($j = j + 1$)。続くステップ S221 では、変数 j が最大値を超えたかどうかを判断する。つまり、ステップ S221 では、選択候補の集合 R_cands に登録されたすべての領域 R_j についてステップ S213 の処理を実行したかどうかを判断するのである。ステップ S221 で “NO” であれば、つまり変数 j が最大値以下であれば、ステップ S211 に戻って、次の領域 R_j についてステップ S213 の処理を実行する。一方、ステップ S221 で “YES” であれば、つまり変数 j が最大値を超えれば、全体処理にリターンする。

40

【0169】

図 27 および図 28 は、図 17 に示したステップ S11 の制御情報の決定処理のフロー図である。図 27 に示すように、CPU60 は、制御情報の決定処理を開始すると、ステップ S241 で初期化処理を実行する。ここでは、領域 R を設定し、領域 R を参照するときのロボット 10 の位置 Pos 、実行するジェスチャ G および発話内容 E をクリアする。次のステップ S243 では、自身の現在位置を Pos' に設定する。続いて、ステップ S245 では、領域 R を参照する場合に実行するジェスチャ G を決定する。この実施例では

50

、円を描くように腕を回転させて領域Rを指示するようにしてあるため、領域Rの大きさに応じて手で描く円の大きさ（回転軸に対して腕がなす角 θ_p ）が決定され、それを実行する場合に、腕を斜めに保持するためのモータの制御情報および円を描くように腕を回転させるためのモータの制御情報が決定されるのである。

【0170】

次のステップS247では、ジェスチャGで誤認され得る領域の集合 R_wrong を分割された領域の集合Regionsから抽出する。つまり、図13に示したように、ジェスチャGを実行したと仮定して、参照する領域R（図13では、R11）以外の他の領域（図13では、R12）を含んでしまう場合に、他の領域（R12）を誤認され得る領域として、集合 R_wrong に登録するのである。つまり、図13に示したように、指示領域 A_p によって指示される、参照（指示）する領域R以外の領域を抽出するのである。

10

【0171】

図28に示すように、次のステップS249では、相対言語テーブル内の領域 R_{Er} に、参照する領域Rが含まれるかどうかを判断する。ステップS249で“YES”であれば、つまり相対テーブル内の領域 R_{Er} に参照する領域Rが含まれている場合には、後述するステップS257に進む。一方、ステップS249で“NO”であれば、つまり相対言語テーブル内の領域 R_{Er} に参照する領域Rが含まれていない場合には、ステップS251で、集合 R_wrong の要素数が0であるかどうかを判断する。ステップS251で“NO”であれば、つまり集合 R_wrong の要素数が1以上であれば、ステップS259に進む。

20

【0172】

一方、ステップS251であれば、つまり領域 R_wrong の要素数が0であれば、ステップS253で、指示語 E_i を決定する。ここでは、上述したように、領域Rの大きさに応じて「辺」を付けるか否かを決定し、ロボット10自身と領域Rとの距離 d_{s0} または人間と領域Rとの距離 d_{L0} に応じて、つまり領域Rの最近点と、ロボット10の現在位置と、人間の現在位置との位置関係に応じて、「こ」、「そ」、「あ」の別を決定する。そして、ステップS255で、発話内容Eに、ステップS253で決定した指示語 E_i を設定し、位置Posに現在位置Pos'を設定して、全体処理に戻る。

【0173】

30

また、ステップS257では、集合 R_wrong に登録された領域のうち、領域 R_{Er} に含まれる領域が存在するかどうかを判断する。ステップS257で“YES”であれば、つまり集合 R_wrong に登録された領域のうち、領域 R_{Er} に含まれる領域が存在する場合には、ステップS259で、現在位置Pos'を参照する領域Rに距離Dだけ近づけて、図27に示したステップS247に戻る。ただし、この実施例では、距離Dは20cmであり、ステップS259では、実際にロボット10が移動されるのではなく、現在位置Pos'のみが更新され、移動後の現在位置Pos'でジェスチャGを実行したと仮定して、それによって描かれる円を投影した円または楕円つまり指示領域 A_p によって指示される、参照する領域R以外の他の領域を抽出するのである。

【0174】

40

一方、ステップS257で“NO”であれば、つまり集合 R_wrong に登録された領域のうち、領域 R_{Er} に含まれる領域が存在しない場合には、ステップS261で、発話内容Eに領域Rを含む領域 R_{Er} に対応して相対言語テーブルに記載された相対言語表現 E_r を設定し、位置Posに現在位置Pos'を設定して、全体処理にリターンする。

【0175】

この実施例によれば、床の模様およびオブジェクトを含む障害物が登録されたグリッドマップを用いて、障害物に接触しないように描画された複数の伸縮円を結合した領域を抽出するので、人間が空間を見た場合に分割する場合と同じように領域を分割することができる。

【0176】

50

また、この実施例によれば、エッジ検出の際に、床の模様を検出しないレベルから検出可能なレベルまで段階的にパラメータを変化させるので、廊下のような比較的広い空間の全体を1つの領域として抽出したり、それを床の模様に従って複数に区分した2以上の領域として抽出したりすることができる。つまり、参照する領域に大きさに応じて、適宜参照する領域を変化させることができる。

【0177】

さらに、この実施例によれば、指示語や特定のオブジェクトに対応付けられた相対言語表現を発話するとともに、指差しの動作を実行することにより、人間のリクエストに応じて、分割した複数の領域の中から選択した1の領域を参照するので、人間と同じようなコミュニケーション行動を実行することができる。

10

【0178】

なお、この実施例では、ロボットがグリッドマップを生成するようにしたが、ロボット以外の他のコンピュータによってグリッドマップを生成し、これをロボットが取得するようにしてもよい。かかる場合には、距離センサを環境内に設けて、その距離センサから他のコンピュータが距離情報を取得してもよいし、距離情報をロボットが収集し、それを他のコンピュータに送信するようにしてもよい。

【0179】

また、この実施例では、ロボットが領域を分割するようにしたが、領域を分割するまでの処理(図17のステップS1 - S7)については、他のコンピュータで実行し、その結果(分割された領域の集合Regions)を受けて、ロボットがその後の処理(図17のステップS9 - S15)を実行するようにしてもよい。

20

【0180】

さらに、この実施例では、ロボットは指差し動作をする場合、円を描くように動作(第2動作)させるようにしたが、発話する内容によっては、腕を伸ばした状態を保持するように指差し動作(第1動作)を実行するようにしてもよい。たとえば、「辺」付きの指示語を発話する場合のみ、第2動作を実行し、「辺」付きでない指示語や相対言語表現により発話する場合には、第1動作を実行するようにしてもよい。または、「辺」付きの指示語や相対言語表現により発話する場合には、第2動作を実行し、「辺」付きでない指示語を発話する場合のみ、第1動作を実行するようにしてもよい。

【0181】

30

さらにまた、この実施例では、距離情報をロボットが自身のセンサを用いて予め取得しておくようにしたが、環境にレーザーレンジファインダなどの距離センサを設定して、環境に設置された距離センサから距離情報を取得するようにしてもよい。

【0182】

また、この実施例では、伸縮円を描画する際に、各枠に対して90°、270°の傾きの直線を設定するようにしたが、この2つの直線は実質的に同じ直線であるため、いずれか一方については設定しなくてもよい。

【符号の説明】

【0183】

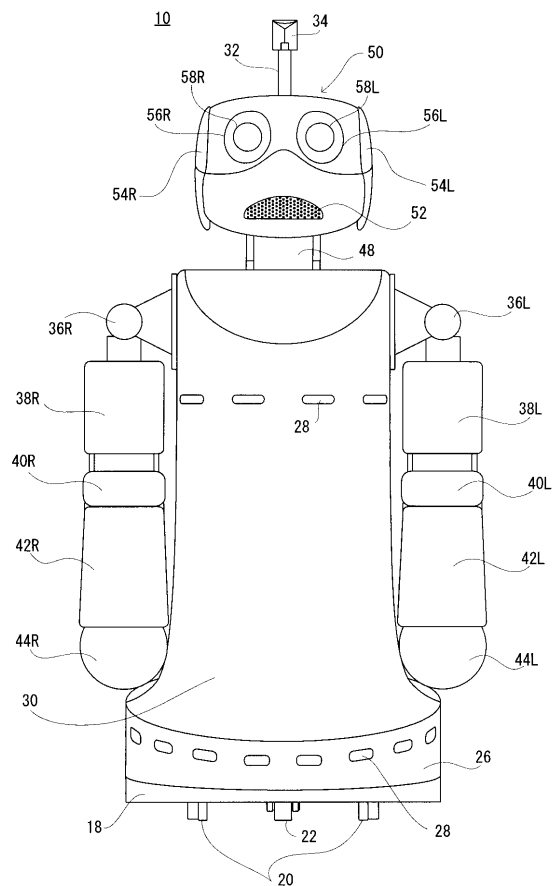
- 10 ... コミュニケーションロボット
- 24, 72, 74, 76, 78, 80 ... モータ
- 28 ... 赤外線距離センサ
- 34 ... 全方位カメラ
- 52 ... スピーカ
- 54 ... マイク
- 58 ... 眼カメラ
- 60 ... CPU
- 64 ... メモリ
- 66 ... モータ制御ボード
- 68 ... センサ入力/出力ボード

40

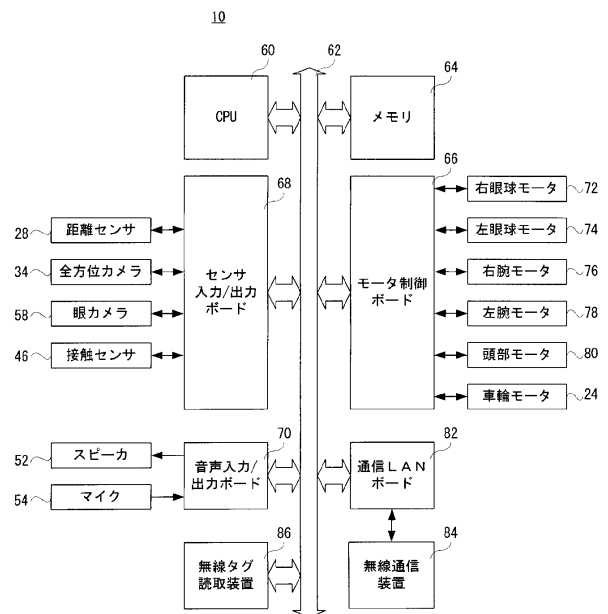
50

- 7 0 ... 音声入力 / 出力ボード
 8 2 ... 通信 L A N ボード
 1 6 c ... 加速度センサ
 8 4 ... 無線通信装置
 8 6 ... 無線タグ読取装置

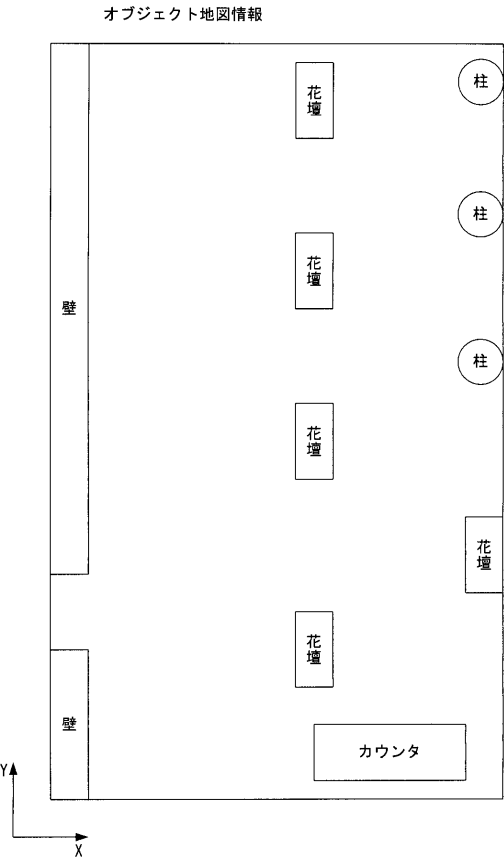
【図 1】



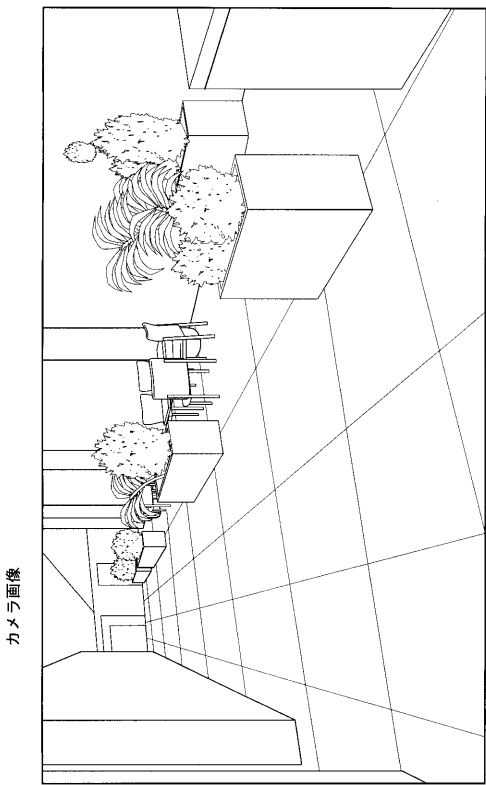
【図 2】



【図 3】

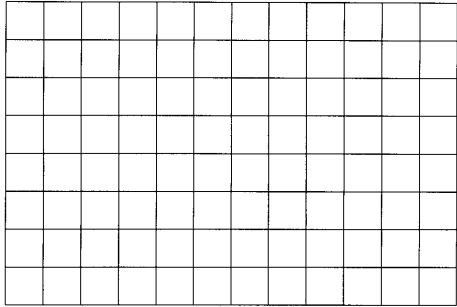


【図 4】



【図 5】

(A) グリッドマップ



(B) 枠のインデックス

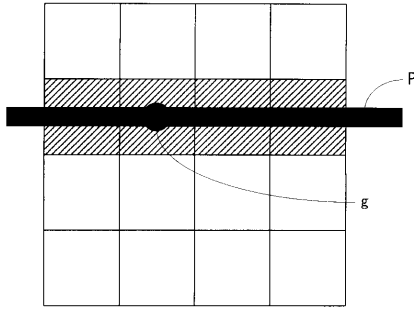
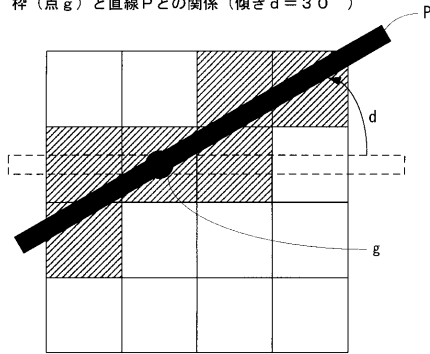
1	9	17							
2	10	18							
3	11	⋮							
4	12	⋮							⋮
5	13								⋮
6	14								n-2
7	15								n-1
8	16								n

【図 6】

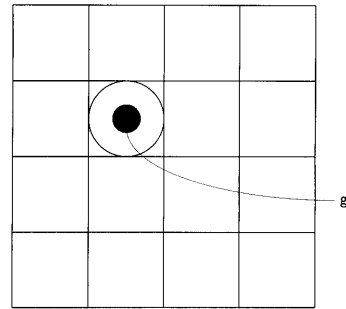
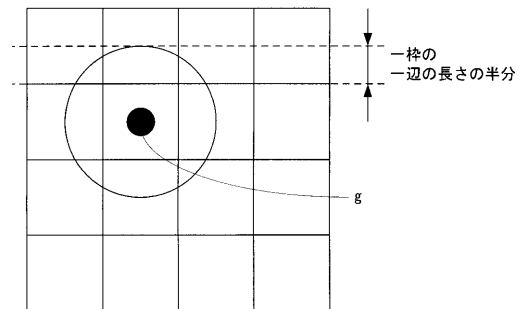
参照リスト

枠	点 g	d = 0°	30°	60°	...	300°	330°
1	座標 1				...		
2	座標 2				...		
3	座標 3				...		
4	座標 4				...		
5	座標 5				...		
6	座標 6				...		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	座標 n				...		

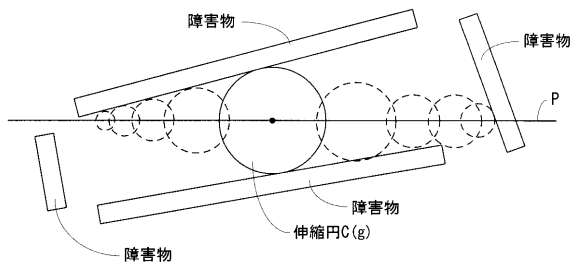
【図 7】

(A) 枠（点 g ）と直線 P との関係（傾き $d = 0^\circ$ ）(B) 枠（点 g ）と直線 P との関係（傾き $d = 30^\circ$ ）

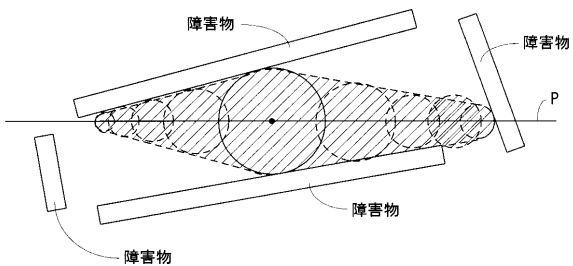
【図 8】

(A) 伸縮円 $C(g)$ (B) 伸縮円 $C(g)$ （1段階拡大した状態）

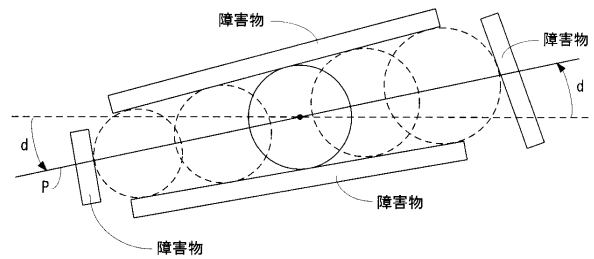
【図 9】

(A) 伸縮円の例示（ $d = 0^\circ$ ）

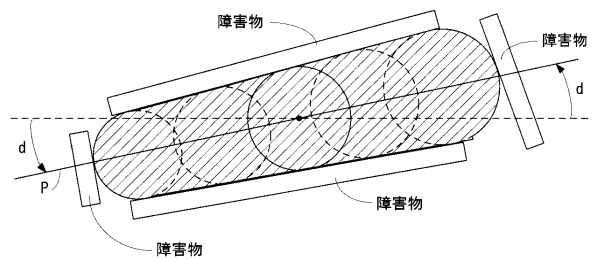
(B) パルーン



【図 10】

(A) 伸縮円の例示（ $d = 30^\circ$ ）

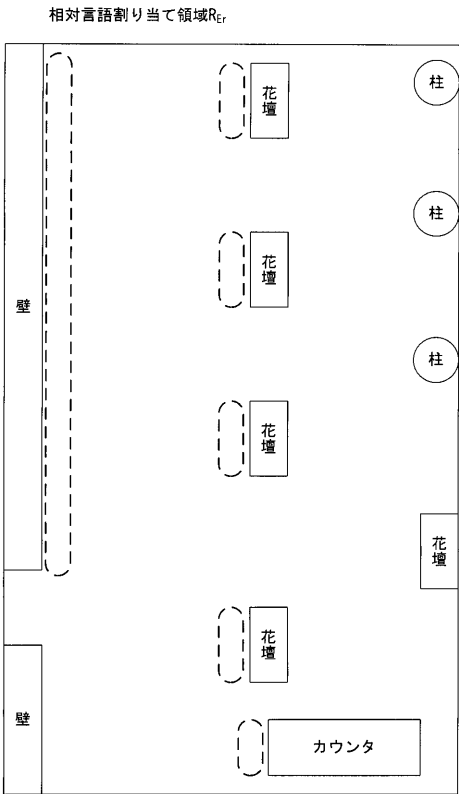
(B) パルーン



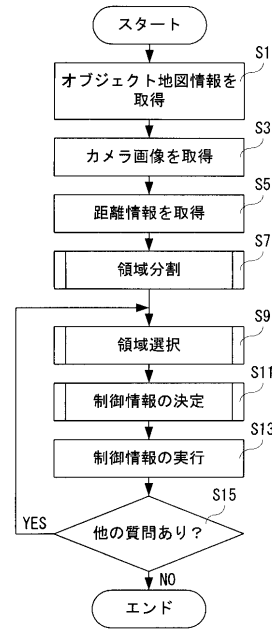
【図 15】

相対言語テーブル		
ID	相対言語割り当て領域 R_{Er}	相対言語表現 E_r
1	(10, 10), (10, 20), (20, 20), (20, 10)	壁の前
2	(10, 10), (10, 30), (80, 30), (80, 10)	手前の植木の横
3	(50, 100), (55, 200), (120, 200), (125, 100)	奥の植木の横
4	(300, 100), (350, 350), (400, 350), (450, 100)	カウンタの横
⋮	⋮	⋮

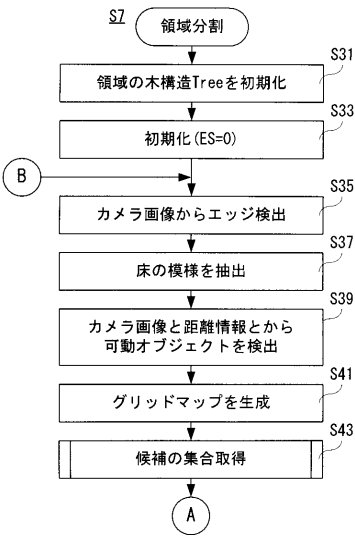
【図 16】



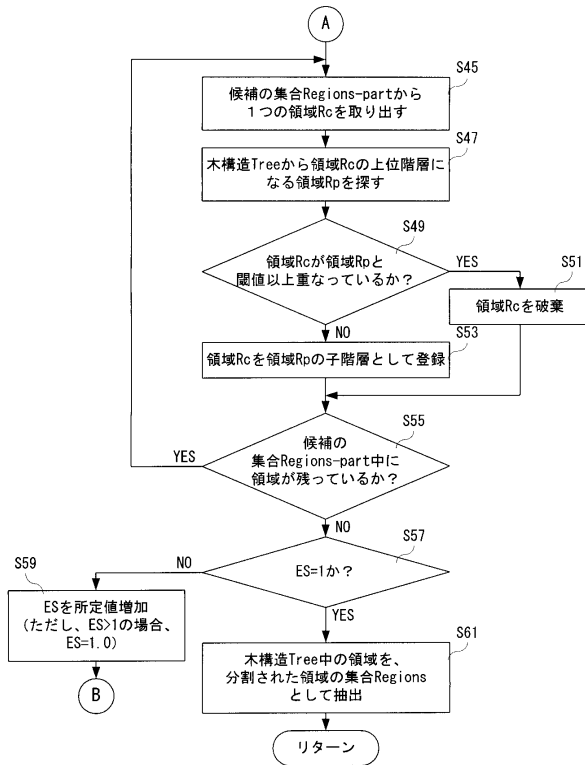
【図 17】



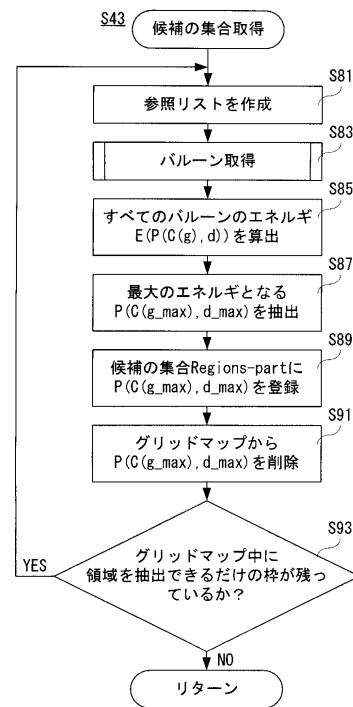
【図 18】



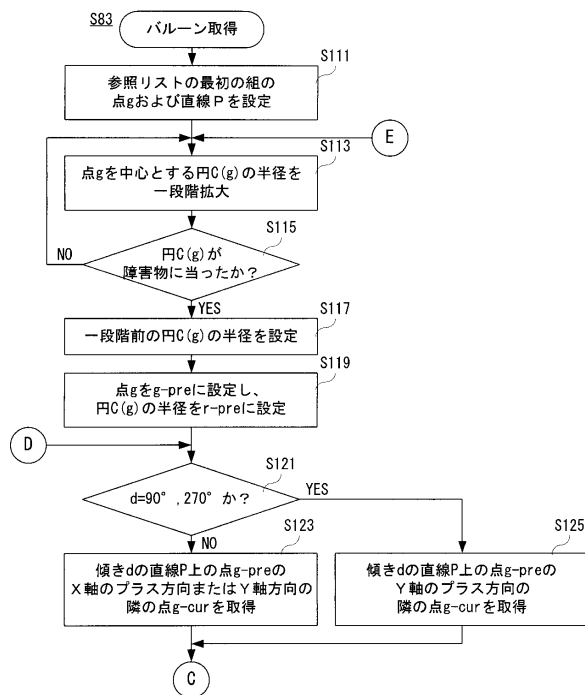
【図 19】



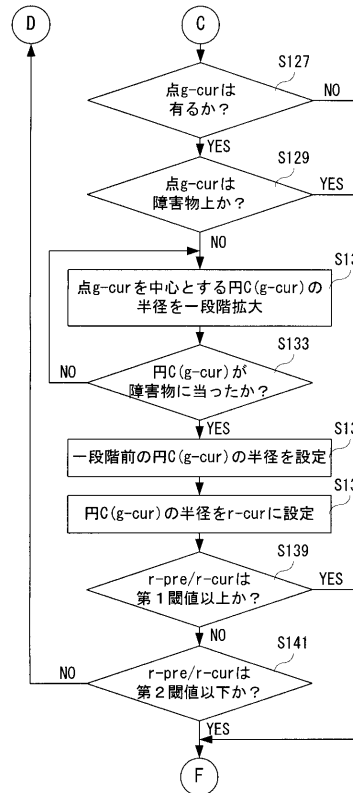
【図 20】



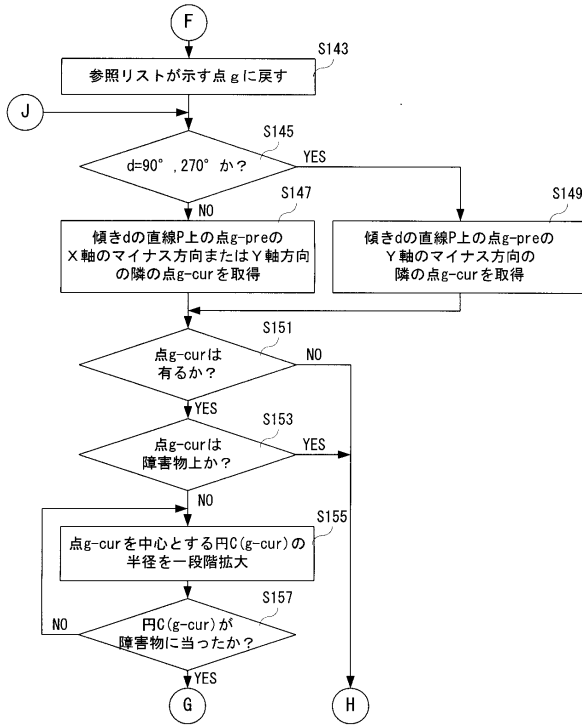
【図 21】



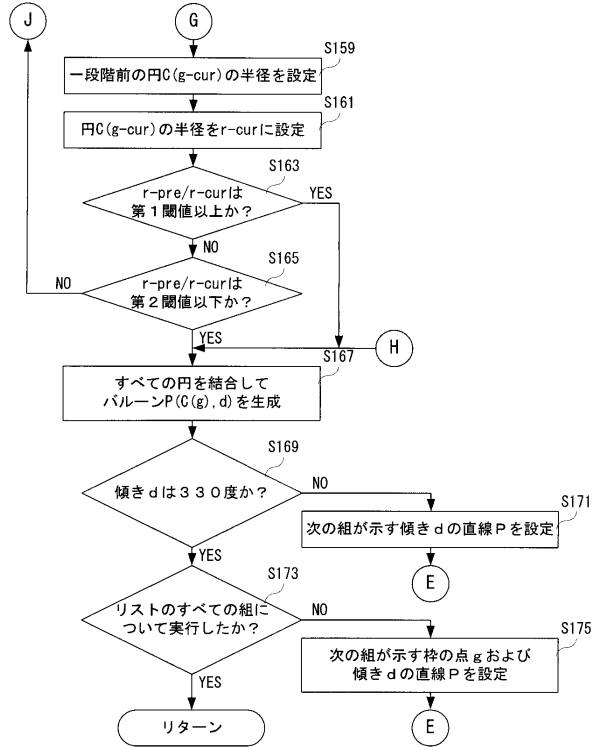
【図 22】



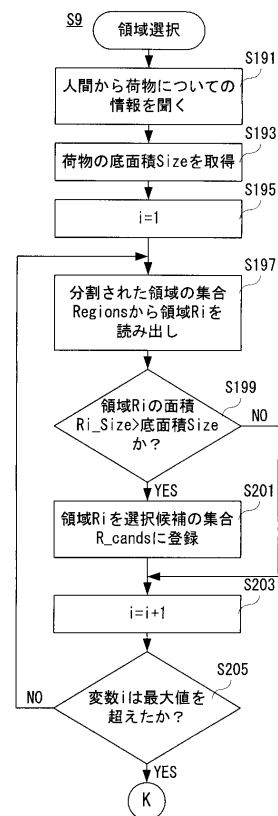
【図 23】



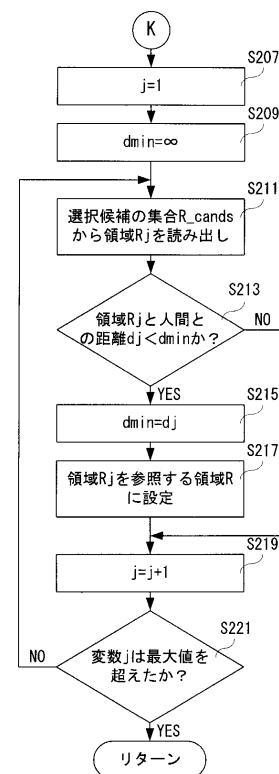
【図 24】



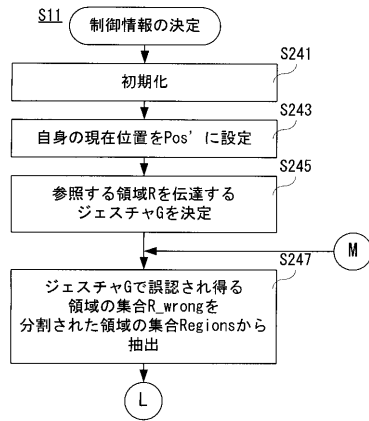
【図 25】



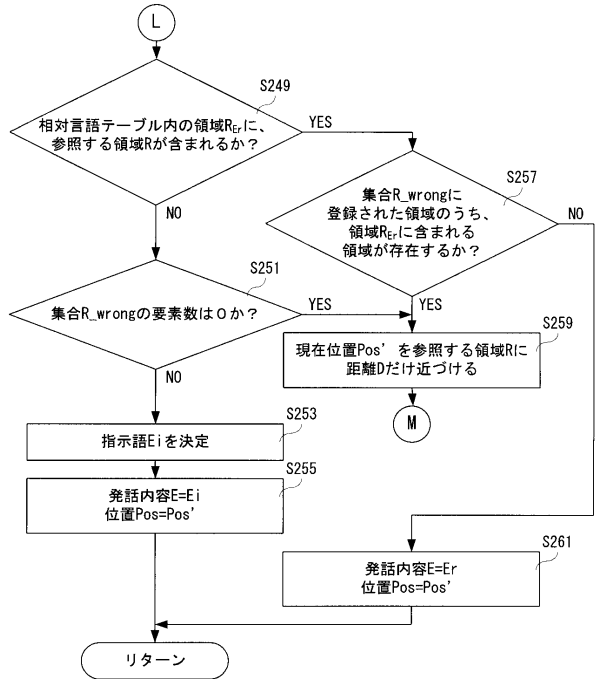
【図 26】



【図 27】



【図 28】



フロントページの続き

審査官 片岡 利延

- (56)参考文献 特開平 09 - 106457 (JP, A)
特開 2007 - 249427 (JP, A)
特開 2007 - 265329 (JP, A)
特開平 06 - 309459 (JP, A)
特開昭 62 - 168290 (JP, A)
特開 2006 - 231497 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06T 1/00
B25J 13/00
G05D 1/02