

2P-2

基本図形検出を用いた
移動ロボット教示システムの試作

小野口一則 渡辺 睦 星野 弘

株式会社東芝 総合研究所

1. はじめに

自律走行時に、自己の位置が走行径路からどれだけズレているかをあらかじめ作成しておいた環境モデルを用いて求める移動ロボットの位置確認システムを現在開発している⁽¹⁾。この環境モデルには、自己位置の確認に必要な情報を登録して置くが、この際、環境モデルの作成を支援する操作性の良い環境教示システムの開発が望まれる。本稿で述べる環境教示システムは基本図形検出とステレオ視により環境モデルを作成する。このシステムは基本図形検出し易い目標物が選択できるように対話処理により目標物を設定する。また、目標物の3次元モデルを作成する際の困難を回避できるように基本図形の2次元照合のみで目標物を抽出する。

2. 基本図形検出による目標物の抽出

自律走行前にあらかじめ走行径路のステレオ画像を収集し、環境教示を行う。これにより作成される環境モデル(Environment Model)は各位置確認地点毎に作成される地点モデル(Position Model)の集りであり、各地点モデルは、位置確認地点で設定される目標物モデル(Target Model)の集りである。目標物モデルとしては以下の2つを登録する。

- (1) ステレオ画像中から目標物を抽出する手順
- (2) 走行径路上から見た目標物の3次元座標値

本移動ロボットは走行環境として原子力発電所内の通路を想定している。このため目標物としてはメータ、バルブなど原子力発電所内に実際に存在する物を用いる。これらは、直線の集合や楕円(円を含む)といった基本図形(Primitive)の組み合わせとして記述できる。例えば、図1(a)に示すメータは、図1(b)に示す円1個と平行線2組の組み合わせで記述できる。このため、基本図形を検出し、ステレオ画像中から目標物を抽出する手法を開発中である。

この手法は、目標物抽出のために、以下の情報①~④を目標物モデルとして用意しておく。

① 目標物を構成する基本図形の種類

現在、平行線、楕円、交わる線分を基本図形としており、目標物がどのような基本図形の組み合わせから構成されているかを記述する。例えば、図1(a)のメータにおいては、楕円1個、平行線2組という記

述を行う。

② 基本図形の抽出処理法

個々の基本図形を抽出するための画像処理手順や平行線、楕円を検出するための手順を記述する。画像処理手順としては、

微分フィルタリング→2値化→ノイズ除去→細線化の順で輪郭線検出を行う。これを直線及び曲線セグメントに分割し、平行線検出や楕円検出⁽²⁾の処理を施す。

③ 基本図形のパラメータ

②で示した抽出処理法を用いて実際に検出した基本図形をパラメータで記述する。移動ロボットの位置ズレが小さい場合、目標物の見え方が極端に変化することはないという仮定を設ける。これにより、このパラメータを使い、目標物抽出の際、検出した基本図形が教示したものと同じかどうか判定する。

④ 各基本図形の抽出手順

基本図形の抽出順序及び基本図形の画像上の配置を記述する。抽出順序としては、垂直エッジや長いエッジのような画像中の強い特徴や、楕円のような目標物に固有の特徴を優先する。また、画像上の配置としては1番最初に抽出する基本図形(以後、この図形のことをキー図形と呼ぶ)からの相対的位置を記述する。具体的には、基本図形の中で代表となる1点を定め、キー図形中の点との間の変位量を記述する。例えば、代表点としては、楕円はその中心、平行線などは中心線の中点をとる(図1(c)(d))。

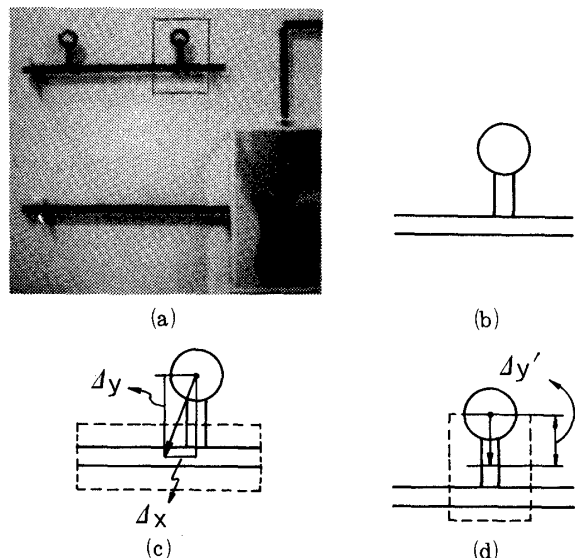


図1. 基本図形検出

これらの情報を用い、以下の手順S1~S2で目標物の抽出を行う。

S1. 画像中からキー図形を(2), (3)の情報を用いて抽出する。

S2. (4)の情報に示された順序に従い、次に抽出する基本図形を決める。そして、(4)のキー図形からの相対的位置情報を用いて、基本図形が存在すると予想される箇所にウィンドウを設定する。ウィンドウサイズは(3)の情報より設定する。

S3. ウィンドウ内で、(2), (3)の情報を用い基本図形の検出処理を実行する。

S4. 目標物モデルに検出処理を実行していない基本図形が存在する間、S2, S3を繰り返す。

図1に示したメータの例では、キー図形として楕円をまず検出する。そして、その中心から Δx , Δy 離れた点を中心にウィンドウ(図1(c)の破線枠)を設定し、平行線検出を行う。同様に、 Δy 離れた点を中心にウィンドウ(図1(d)の破線枠)を設定し平行線検出を行う。

このように、ウィンドウを設定し領域を限定することにより、基本図形の抽出の誤りを回避する。また、キー図形の候補が複数個現れた場合には、その周囲に教示モデルに記述されている基本図形が検出できたものを目標物として抽出する。

3. 環境教示システム

基本図形検出による本環境教示システムの枠組を図2に示す。個々の処理はメニュー形式で任意に選択できる。教示手順としては、各位置確認地点毎にステレオ画像を入力し、目標物を指定する。そして各目標物毎に(1)~(4)の情報を次のように求める。まず、目標物の画像を見ながら(1), (2)の情報を人間が対話的に入力する。この際、最適な検出結果を示す

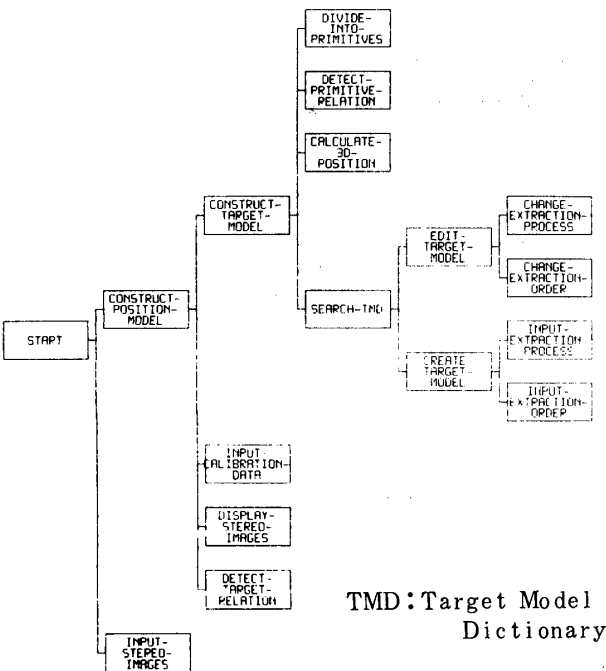


図2. 環境教示システム

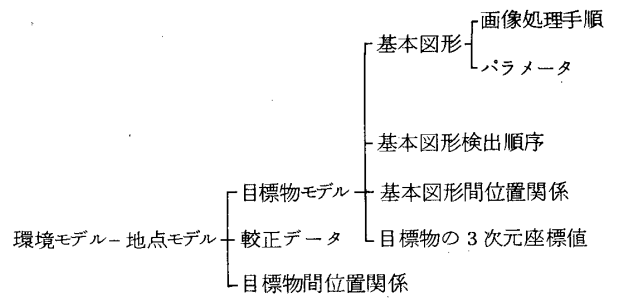


図3. 環境モデルの構造

基本図形検出処理法が得られるように、各種パラメータ(2値化しきい値など)を対話的に変更し処理を繰り返す。そして、実際に検出された基本図形のパラメータ、例えば楕円なら中心座標、長軸長、短軸長、傾きなどを、平行線なら傾き、重複部分の長さと同隔、端点座標などを(3)の情報として求める。キー図形の指定を含む基本図形の抽出順序(情報④)の指定も対話的に行う。

本教示システムは目標物モデルを構築すると、その目標物の基本図形構成を目標物モデル辞書(Target Model Dictionary)に登録する。そして、教示時に注目している目標物の基本図形構成がこの辞書に登録されているかどうか調べ、登録されていなければそのモデルを呼び出して修正する。登録されていない場合のみ新しいモデルを作成する。これにより、代表的なモデルに登録した後は、画像処理に含まれるパラメータや基本図形の持つパラメータなどの変更のみで目標物モデルが作成できる。

目標物モデルには、目標物抽出手順の他に目標物の3次元座標値を登録しておく必要がある。この3次元座標値は、検出した基本図形に対し対応点を設定し、ステレオ計測を行うことにより求める。

この教示システムより構築される環境モデルのデータ構造は図3に示す階層的な構造である。移動ロボットは自律走行時にこの環境モデルから必要な情報を呼出し位置確認を行う。

4. おわりに

目標物の検出を基本図形により行う移動ロボットの環境教示システムについて述べた。現在このシステムはLISPマシン(LAMBDA: LMI社)と画像処理装置(TOSPIX-II: 東芝)を接続したシステム上で開発中であり、まだ複雑な形状の目標物は検出できない。今後は基本図形検出機能を向上させ複雑な目標物も検出できるシステムとしていく予定である。

この研究は通産省工業技術院大型プロジェクト「極限作業ロボット」の一環として行われているものである。

[参考文献]

- (1) 渡辺, 小野口, 星野: 「ステレオ視を用いた移動視覚システム」, コンピュータビジョン研究会資料, May, 22, 42-2, 1986.
- (2) 沼上, 久野: 「仮説検証による楕円検出法」, 情報処理学会第32回全国大会予稿集, 1435, 1986.