

廊下世界の通路形状に着目した自律移動ロボットの走行制御

○深谷健一（北海学園大）、佐立真樹（松下電器）、三浦三幸（日本電気エンジニアリング）

1. まえがき

平行で平坦な壁に囲まれ、床面が平らな廊下世界の中で、自走型のロボットを地図で指定された任意の出发点から目標点まで自走させるには経路の選定、障害物の回避、自己位置の確認および学習の能力などが必要とされる。これが信頼性高く実現されれば、オフィスに於ける書類運搬などがロボットを用いて可能となる。市販の車輪移動型のロボット（HERO2000）を用いた場合、どの程度この目標が達成出来るのかを明らかにし、さらに視覚、触覚などのセンサを付加して信頼性の高い自律走行の実現をねらう。

2. HERO2000ロボット

ここで使用するHeath Kit社製のHERO2000ロボットを用いた実験システムの構成を図1に示す。プログラム言語として、通常のBASICにロボット制御機能を拡張したHERO2000BASICが用意されている。走行に使用する超音波距離センサは4.5インチから127.5インチまでの距離計測が出来、前方検出用（高さ7インチ）と360度検出用（高さ28インチ、15度間隔）がある。計測精度は±2%程度である。

入出力・記憶装置としては500ボートの1行表示リモートコントロールとカセットテープが使えるが、低速で使いにくい。パソコン（PC98noteSX）をRS232Cインタフェースに接続し、4800ボートのコンソール、パソコンの記憶装置へのプログラムのload、saveおよびプリンタへのハードコピー出力などの機能を有するHERO用ターミナルエミュレータを作成し、これを用いてプログラム開発を行った。

3. 通路形状を目印とする自律走行

HEROには内界センサとして、走行モータのエンコーダ出力を計測する機能があり走行距離がカウントできる。しかし、初期の方向誤差、車輪のスリップさらに障害物回避などの予期せぬ行動による経路変更などの誤差が、走行するにつれて積算されるため、このカウントだけでは安定に走行できない。なんらかの外界を手掛かりとする自己位置の確認とそれに基づく経路修正が必要である。

廊下世界を構成する通路形状は図2に示す8種類があり、形状を選ぶと凸・凹コーナ位置および壁面距離が一意に定まるので、これを目印として用いれば自己位置の確認が出来る。

3.1 基本計測

目印計測の基本要素はロボットから壁までの距離と傾き、凹コーナと凸コーナの位置計測である。超音波距離センサは壁に直角な時、精度良く距離計測ができ

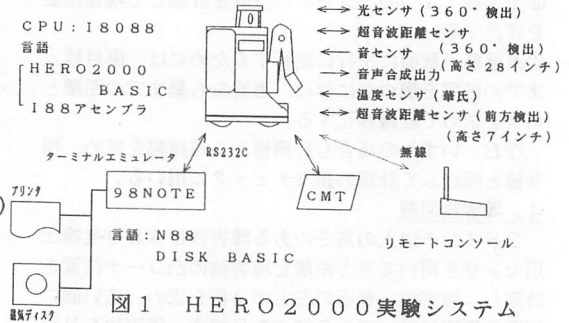


図1 HERO2000実験システム

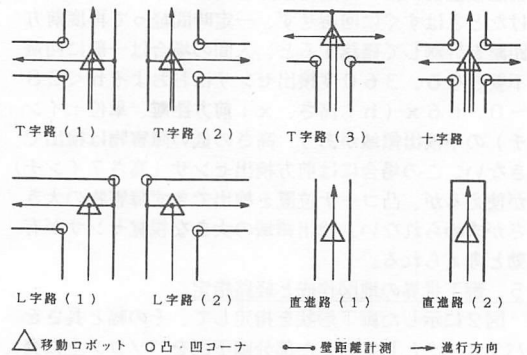


図2 通路形状と特徴

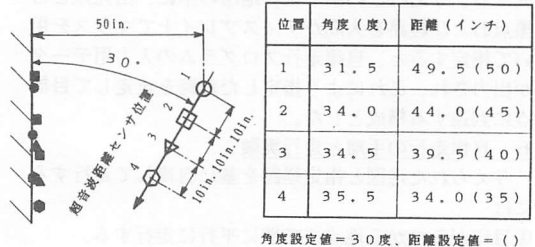


図3 壁までの距離と傾き

るが、壁に平行な場合やコーナでは不正確となる。このためここでは以下の様にして計測する。

- ①壁までの距離と傾き（図3）：最短距離とそれに近い計測点を最小二乗法で結んだ直線から求める。
 - ②凹コーナ（図4）：コーナを構成する二つの壁面の交点から求める。
 - ③凸コーナ（図5）：最短距離の点または凸コーナを構成する二つの壁面の交点から求める。
- 3.2 L字路、T字路、十字路、直進路
- ①L字路（図6）：壁面に平行な位置に移動させた後、凹コーナ、凸コーナと壁面距離を計測して現在位置を

確認する。

②T字路(図7): 2つの凸コーナの位置を計測して現在位置を確認する。

③十字路口: 4つの凸コーナの位置を計測して現在位置を確認する。

④直進路: 壁面に平行に走行するためには、副目標点までの区間を幾つかに分け、適宜左右壁までの距離と傾きを求めて経路修正する。

なお、いずれの場合も計測値から通路幅を求め、指令値と照合して計測の誤りチェックに用いる。

4. 障害物回避

28インチ以上の高さのある障害物は360度検出用センサを用いて前方距離と障害物の凸コーナ位置を計測し、障害物と壁面の左右の余裕を求め、広い側に回避後壁面に沿って副目標点を目指す。障害物を見つけたときはすぐに回避せず、一定時間経って再度前方距離を計測して確認すると、人間の場合は一般に回避不要となる。360度検出センサはおおよそ $h < 28 - 0.66x$ (h : 高さ、 x : 前方距離、単位: インチ) の不検出領域があり、高さの低い障害物は検出できない。この場合には前方検出センサ(高さ7インチ)が使えるが、凸コーナ位置を検出できず障害物の大きさが求められない。検出領域の大きな視覚センサが有効と考えられる。

5. 廊下世界の地図作成と経路指定

図2に示した廊下形状を指定して、その幅と長さをパラメータとして与えた部分廊下図をパソコン上に発生させ、これを順に接続して対象とする廊下世界を作成する。今回はこの廊下世界地図の中に、出発点と目標点および経路を人間がディスプレイ上でマウスを用いて指定すると、自律走行プログラムの入力用データが出力され、これにより指定した経路を自走して目標点に到達する構成とした。

6. 自律走行の手順と走行実験

与えられた地図と指定経路を基に自律して走行するには

- ①目印が見つかる地点まで壁に平行に走行する。
- ②走行中に障害物を発見したら回避する。
- ③通路形状のコーナ位置と壁面距離を計測して自己位置を確認し、軌道を修正する。
- ④目標点に達するまで①～③を繰り返す。

T字路、L字路からなる大学内の廊下を以上の手順に従い0.1m/sの速度で人間や屑箱の障害物を回避しながら走行できた。現状では

- ①目印計測時に障害物が存在すると自己位置の確認が出来なくなる。
- ②超音波距離センサは時に異常な値を検出することがあるが、再計測でも出現する時にはロボットを前後に移動させると確からしい値が得られる。

7. あとがき

廊下世界の通路形状特徴を目印を利用して、指定さ

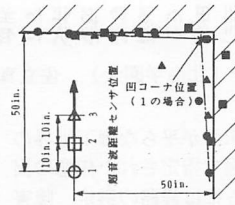


図4 凹コーナ

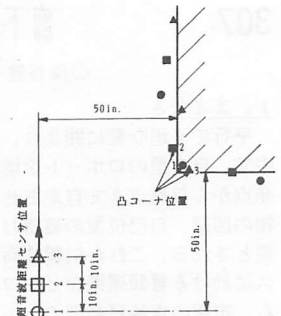


図5 凸コーナ

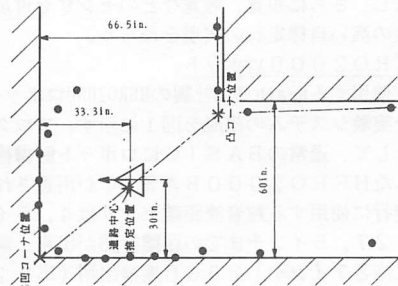


図6 L字路

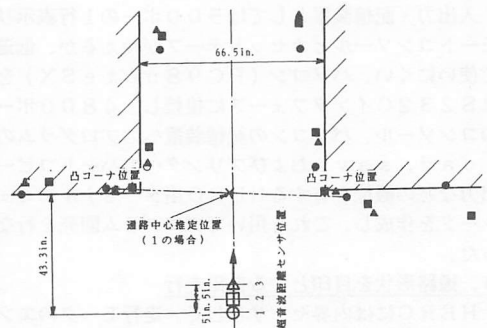


図7 T字路

れた出発点から目標点までの経路地図に従い、自律的な走行が出来た。多少の、出発点の誤差、壁面の凹凸、形状の誤差などがあっても走行できるがその定量評価はしていない。また廊下幅が狭い場合や計測が不完全となる障害物が存在する場合などでも、どこまで走行できるか今後詳細な評価が必要である。

参考文献

- 1) 廣田薫: あいまい制御知能ロボット、1985、マグロウヒル。
- 2) 松本、油田: 経路地図に従った移動ロボットの自律走行システム、日本ロボット学会、Vol15、No.5、p. 351、1987。