

## 実環境における自律移動ロボットシステム\*

## 3D-9 ～ その2：レーザーセンサーを用いた位相マップの獲得～

溝口文雄<sup>†</sup> 前野守宏<sup>†</sup> 平石広典<sup>†</sup> 高山学<sup>†</sup>東京理科大学 理工学部<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

移動ロボットに、何らかのタスクを行なわせようとする際には、ロボットの周囲の環境についての、幾何学的な情報を、ロボット自身が持っている必要がある。

しかし、実環境下においては、センサーによる環境データに含まれる誤差が存在し、環境についての、正確な幾何学的情報を得ることは難しい。そこで、このような問題を、扱うための手法の一つとして、位相マップの使用が提案されている [2]。位相マップは、ノードとアークのネットワークを用いて環境を表現する。この位相マップにおいては、環境内の特徴点を定義することが重要である。近年の研究では、この特徴点の認識において、ソナーセンサーによる情報と視覚情報との統合によって認識するアプローチ [1] もあるが、視覚情報を用いる場合には、情報量が大きく、処理する際の負荷が大きくなってしまいう問題点がある。

そこで、本稿においては、米 Nomadic 社の Nomad200 を対象とし、ソナーセンサーおよびレーザーセンサーによる情報を統合することで、特徴点の認識を行ない、視覚情報を扱うよりも、少ない情報量で位相マップを構築することを目的とする。

## 2 位相マップ

位相マップとは、ある定義に基づく特徴点をノードとして、また、それらの間の経路をアークとして表し、周囲の環境を、このノードとアークのネットワークを用いて、表現するマップである。位相マップには、距離や、幾何学情報が含まれず、近接と順序だけで環境を表現する。そのため、実環境下での、移動ロボットの動作に含まれる不確実性を扱う問題を、削減することができる。

位相マップを獲得、または構築する際に、最も重要な問題としては、環境内における特徴点を、どのよう

に定義するかという点が挙げられる。この特徴点としては、ナビゲーションを行なう際に、ロボットの行動選択に、重要となるような場所を用いることが一般的である。

そこで本稿では、位相マップを獲得する上で重要となる、特徴点の実環境での認識について、焦点を当てることとする。

## 3 特徴点

本稿においては、以下の2つの定義に基づく特徴点を、位相マップのノードとして認識する。

- 少なくとも1つの open place を発見できる場所
- closed place として認識される場所

open place と closed place については、以下で述べる。

## 3.1 open place

open place とは、壁の切れ目として存在する場所を示す。具体的には、部屋の出入口や、廊下の交差点、丁字路、などのような場所である。本稿においては、この open place は、図1に示されるような場所のことを言い、いずれも、ロボットが通れるだけの幅を持つものとする。

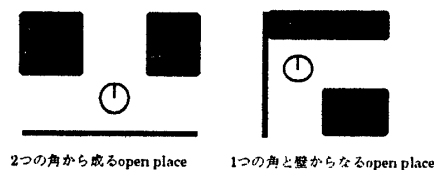


図1: open place の例

## 3.2 closed place

closed place とは、以下のような場所を示すものである。

1. 進もうとする方向に障害物があり、ロボットが通れないような場所
2. 壁で囲まれて、自分が進んできた方向以外には進めないような場所

\* The autonomous mobile robot system in the real world -Acquisition of topological map using laser sensor-

<sup>†</sup> Fumio MIZOGUCHI, Morihiko MAENO, Hironori HIRAI, Gaku TAKAYAMA

<sup>‡</sup> Faculty of Sci. and Tech. Science University of Tokyo

## 4 特徴点の認識

### 4.1 特徴点の認識方法

特徴点を認識するためには、open place と closed place を発見しなければならない。これらの発見には、ソナーとレーザーの2つのセンサーによる情報を統合して用いる。このとき、それぞれのセンサーの特性を活かし、ソナーセンサーは、大局的な部分、レーザーセンサーは、局所的な部分に分担して、特徴点の認識を行なう。

## 5 位相マップ獲得の手続き

本稿においては、廊下のような環境でマップの獲得を行なう。そのため、ここでは直交環境を考えれば十分であると考えられる。

位相マップのノードには、4方向についての環境情報（北：壁、東：opening など）を持たせることとし、 $i$  番めに獲得される位相ノードを  $N_i$  として表す。ここで、マップ獲得の手続きは、全てのノード  $N_i$  が、4方向の環境情報を既に持っているとき、終了するものとしている。ノードの番号  $i$  は、発見された順番を示している。

また、マップ獲得の手続きは以下のような手順で行なわれる。

- 廊下に並行して直進する。このとき、ソナーを用いて open place と closed place を探す。
- open place を発見した場合には、レーザーを用いて opening の幅を計測する。
- opening が、ロボットの通過が可能な幅を持っているとき、その場所を open place としてノード  $N_i$  を生成し、opening へと侵入する。opening の幅が狭いときには、再び、廊下を並進する。
- closed place を発見した場合、その場所を closed place としてノード  $N_i$  を生成する。そして、前のノード  $N_{i-1}$  まで戻り、再び open place と closed place を探す。

## 6 実験

### 6.1 実験環境

今回示す実験では、open place 及び closed place が存在する環境において、マップの獲得を行ない、その際に、それらの認識率がどのようになっているかを調べた。これは、本稿におけるマップ獲得システムでは、open place 及び closed place を、正確に認識することが、その有効性を左右するためである。

### 6.2 結果

実験の結果として、3章で示した、2つの open place、及び closed place の認識率を表1に示してある。ここでは、特徴点間の位相的な関係を表現することには、支障がない場合であっても、opening の幅

の計測における精度が、十分でない場合には、認識できなかったものとみなしている。

表 1: 特徴点の認識率

		試行回数	成功回数	認識率 (%)
open place	角 2	10	7	70
	角 1・壁	10	6	60
closed place		10	8	80

## 7 考察

表1に示した結果を見ると、open place に比べ、closed place の認識率が、高くなっていることが分かる。これは、closed place の認識には、それほど高い精度を必要としないためであると考えられる。一方、open place の認識には、角を認識するなど、比較的に高い精度が要求されるためであると考えられる。特に、角を1つと壁の場合には、角の認識については、角が2つの場合と同様にして認識可能であるが、角と壁との幅を計測する際に、誤差が大きくなる。そのために、open place としての認識率が低下するものと考えられる。

本来、位相マップが、自律移動ロボットの不確実性を、うまく扱うためのものであることを考えると、open place の認識率を高めていく必要がある。

## 8 おわりに

本稿においては、位相マップの考えを用いて、環境マップを獲得するシステムを構築した。今後は、本システムにより獲得されたマップ及び、その1[3]で提案された動的障害物の回避を組み合わせることにより、学内における廊下など、動的な環境においてもナビゲーションを行なえると考えられる。

特徴点間の識別においては、今回対象としたような環境では、レーザーセンサーによって獲得される情報でも十分であると考えられる。しかし、識別の困難な特徴点や、複数存在するような環境では、限界があることも事実である。そのような場合には、さらに視覚などの情報を統合しなければならないであろう。

## 参考文献

- [1] D. Kortenkamp and T. Weymouth : Topological mapping for mobile robots using a combination of sonar and vision sensing, *Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence, 1994.*
- [2] R.A. Brooks : Visual map making for a mobile robot, *Proceedings IEEE Conference on Robotics and Automation, 1985.*
- [3] 溝口 文雄, 高山 学, 平石 広典, 前野 守宏 : 実験環境における自律移動ロボットシステム～その1: 動的障害物の位置予測による衝突回避～, 第52回情報処理学会全国大会