

# センサー系と行動系に基づいた移動ロボットの環境構造の獲得

○高村 成一      中村 恭之      浅田 稔  
大阪大学 工学部

## Behavior-Based Map Representation for a Sonar-based Mobile Robot by Statistical Methods

○Seiichi Takamura      Takayuki Nakamura      Minoru Asada  
Osaka University

### 1 はじめに

移動ロボットが未知環境においてナビゲーション等の目的行動を遂行する際、環境を表現した地図が必要になるが、従来法の多くは、この地図として2次元、または3次元の絶対座標系に基づいた幾何学的なモデルを用いて来た。<sup>1, 2)</sup>しかし、このような幾何学的なモデルには

- 構築するために非常にコストがかかる。
- センサーノイズに弱い。
- ロボットにとって不必要な情報まで含んでしまう。
- ロボットが情報を直接利用できる形に変換し直さなければならない。

といった問題点がある。

そこで、本報告ではこれらの問題点を解決するために、移動ロボットのセンサー系と行動系に基づいた環境構造表現を統計的手法によって獲得することを提案し、本手法の有効性をシミュレーション及び実機による実験によって検証する。

### 2 使用したロボットとマップ生成法

使用するロボットは、Fig.1の左に示すようにセンサー系として計測範囲40度、計測距離250cmの超音波センサーをリング状に12個備えている。

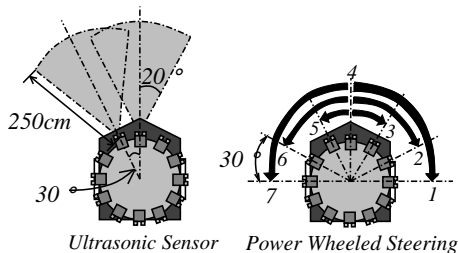


Fig.1 ロボットのセンサー系と行動系

ロボットの行動に基づいた環境構造を獲得するために、我々はロボットの行動の間に得られる時系列ソナーデータを用いる。ここで、ロボットの行動系としては1時系列データを収集する間は直進行動をとる。ただし、障害物回避行動はあらかじめ与えておく。1時系列データを収集したら、Fig.1の右に示すように7通り

のその場回転からランダムに行動を選択し、次の1時系列データを収集する。

マップ生成プロセスは要約して以下の手順で行なわれる。(Fig.2参照)：

1. 時系列ソナーデータを蓄積するために環境中を探索する。
2. ソナーデータを次元圧縮するために主成分分析を適用する。これによって各時系列ソナーデータは主成分得点パターンに変換される。
3. これらのパターンを局所的な環境構造(ここでは“状態”と呼ぶ)にクラスタリングする。
4. 最尤推定法によって、各回転行動における状態遷移確率を求め、ノード(状態)とアーク(状態遷移確率)によって構成されるグラフ表現(大局的な環境地図)を獲得する。

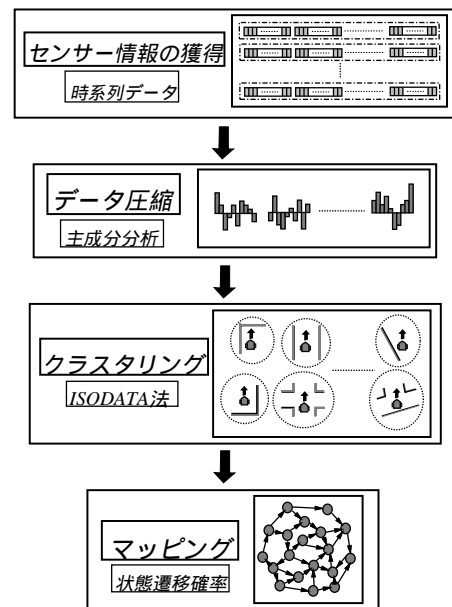


Fig.2 An overview of map generation

### 3 時系列ソナーデータの主成分分析

本研究では獲得される時系列ソナーデータは12(1時刻で得られるソナーデータの数) × 4(1試行における時系列長さ)=48要素である。これを次元圧縮するため主成分分析を適用し、得られた48個の主成分のうち寄与率の高い上位10個の主成分(累積寄与率は約80%)で元のデータを表現する。ここでこの10個の主成分で表されたベクトル形式のデータを“主成分得点パターン”と呼ぶことにする。

### 4 主成分得点パターンのクラスタリングによる局所的環境構造の識別

本研究では、主成分得点パターンを非階層型クラスタリング手法の一つであるISODATA法を用いてクラスタリングする。クラスタリングの距離(非類似度)の指標としてはユークリッドノルムを用いることにする。

Fig.3の(a)のようなシミュレーション環境で3000個の時系列ソナーデータをランダムに収集し、それらを変換した主成分得点パターンをクラスタリングした結果、117個の状態(局所的な環境構造)が得られた。Fig.3の(b)にその1例を示す。この状態は、両側に壁が存在する廊下を、廊下に平行に直進している場合に対応していると考えられる。

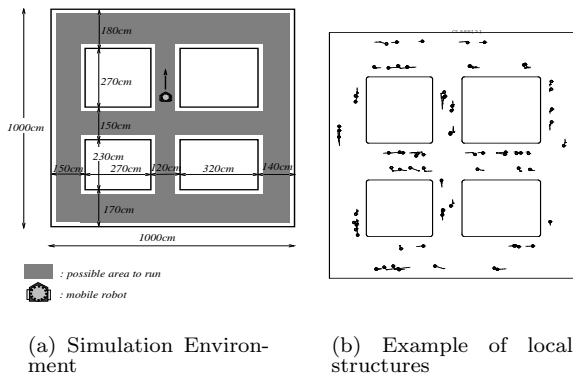


Fig.3 シミュレーション環境と得られた状態の1例

### 5 実機による実験

次に、提案した手法の有効性を実機による実験によって検証する。Fig.4のような実験環境において300個の時系列ソナーデータを収集した。

シミュレーションと同様に、変換された主成分得点パターンをクラスタリングした結果、16個の局所的環境構造が獲得された。Fig.5に、それらのいくつかを示す。

### 6 結論および今後の課題

本報告では、センサー系と行動系に基づいた移動ロボットの環境構造の獲得法について提案し、その有効性をシミュレーション及び実験によって検証した。今後の課題としては、状態遷移確率の単峰性が保証されるように提案した手法を改善することである。

### 参考文献

- [1] Troy A. Chase Mark White Jason A. Janet, Ricardo Gutierrez-Osuna and Ren C. Luo. “Global self-localization for autonomous mobile robots using self-organizing kohonen neural networks”. In *Proc. of 1995 IEEE Int. Conf. on IROS*, volume 3, pages 504–509.
- [2] R.Dillmann F.Wallner, R.Graf. “Real-time map refinement by fusing sonar and active stereo-vision”. In *Proc. of 1995 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pages 2968–2973, 1995.

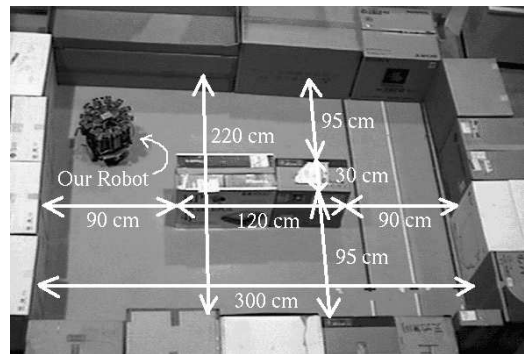
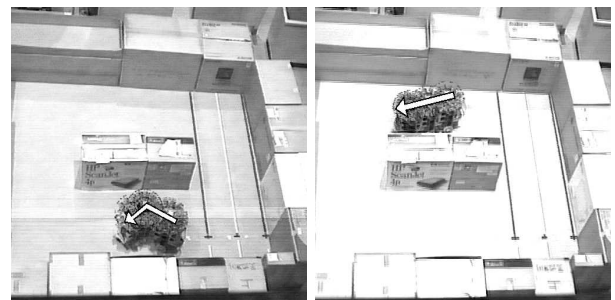


Fig.4 An environment for real robot experiments



(a) Collision avoidance

(b) Wall following



(c) Approaching the corner

(d) Leaving the corner

Fig.5 Examples of local structures