

能動的な探索による環境認識

5M-3

大橋 武史 橋本 周司

早稲田大学理工学部応用物理学科橋本研究室

1. はじめに

ロボットの環境認識の方法として、あらかじめ移動できる環境の情報を取得しておき、自己位置を確定したい場所で得られる画像データと比較・対応付けを行い、自己位置を同定するという方法がある。しかし、環境の情報として3次元モデルを用いる場合も、記録走行をして画像を得る場合[1]も、教示者として人間の手が必要であり、またその手間もかかっていた。

ここでは、ロボットのおかれた環境の中から、視覚的に特徴のある物体を自動的に選択し、ランドマークに見立てることにより、ロボットに自動的に環境の情報を獲得させる手法を提案する。ランドマーク観察時に、CCDカメラでランドマークを捕らえたときに得られる、ランドマーク以外の物を含む画像をランドマークシーンと呼ぶ。このランドマークシーンと、自己位置を同定したい位置でロボットから得られる画像を比較・対応付けしてロボットの自己位置・姿勢の同定を行う。なお、自己位置同定地点で得る画像はロボットの周囲360度のパノラマ画像とする。

2. 環境地図の作成

2.1 ランドマークディレクションの決定

ロボットを初期位置で360度回転させ、得られた画像のなかから視覚的に特徴がある対象物が含まれる画像を1枚選択する。この対象物とその画像が得られた方向をそれぞれランドマークオブジェクト、ランドマークディレクションと呼ぶ。

本研究では360度回転する間に、等間隔に112枚の320x240ピクセル・256階調モノクロの画像を取り込み、画像から適当な閾値でエッジを抽出し、最もエッジの多く含まれる画像が得られた方向をランドマークディレクションとした。特徴抽出にエッジを用いた理由は、壁面のような広い範囲での単一輝度・

単一色のマッチング処理に不適当な対象物をランドマークオブジェクトとしてしまうことを避けるためである。

2つ目以降のランドマークオブジェクトの決定の際には、以前のランドマークオブジェクトの方向を除いた中からランドマークディレクションを決定する。

2.2 ランドマークオブジェクトの観察

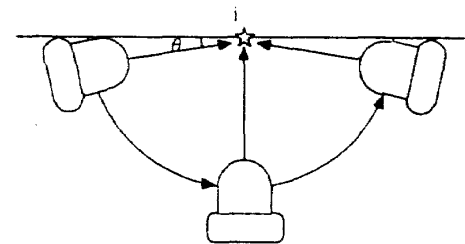
ロボットをランドマークディレクションの方向へ、ランドマークオブジェクトに接触するまで直進させる。そして、接触した地点を中心として、ランドマークオブジェクトを見ることのできるすべての角度において、CCDカメラから得られる画像をランドマークシーンとして記憶する。観察時の様子を図1に示す。取得した画像は、

$$\text{Image}(i, \theta)$$

i : ランドマークシーンの番号

θ : 観察時のランドマークシーンに対する角度

という形式で記憶する。



☆: ランドマークオブジェクト

図1 ランドマークオブジェクトの観察

後に述べる環境地図作成のため、ランドマークオブジェクトに接触するまで直進した距離と、ランドマークオブジェクトの観察可能角度を車輪の回転量から計算して求める。ランドマークオブジェクトの個数は、生成された部屋の形状・大きさから決めなければならない。

2.3 環境地図の作成

ランドマークディレクションと、ランドマークオブジェクトに接触するまで直進した距離から、初期位置とランドマークオブジェクトの位置関係を計算

して、環境地図に書き込む。また、視覚的に見てわかるように、ランドマークシーンライブラリから1枚画像を選んでランドマークの位置の横に貼り付け、ランドマークオブジェクトの観察時に得られた観察可能角度からおおよその部屋の外形を表示する。さらに、ランドマークオブジェクトの位置を直線で結ぶことによって、ロボットの移動軌跡が分かるようにした。環境地図を図2に示す。

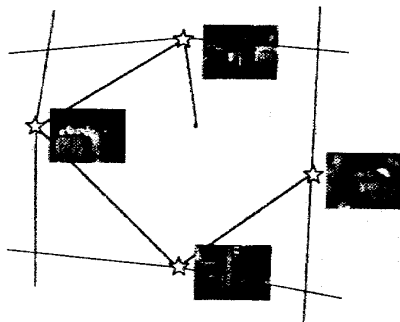


図2 環境地図

3. 自己位置・姿勢の同定

3.1 パノラマ画像の生成

ロボットが自己位置を同定する際には、その位置において CCD カメラから得られる画像と、記憶した画像を比較し、その結果に基づいて自己位置を確定する。本手法では、記憶した画像と比較する画像として、自己位置測定地点でカメラを水平方向に 360 度回転させ、得られた画像をつなぎ合わせた 360 度パノラマ画像を用いる。これにより、自己位置確定地点におけるロボットの姿勢に関わらず、自己位置の同定が可能となる。

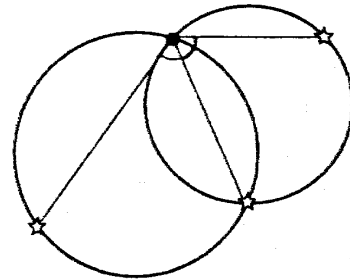
3.2 画像マッチング

生成した 360 度パノラマ画像と、ランドマークシーンライブラリ中の画像を比較し、パノラマ画像中からランドマークオブジェクトが観測できる角度 (0 ~ 360 度) を算出する。この際、ランドマークオブジェクトを観察した位置と自己位置測定地点とではランドマークオブジェクトまでの距離が異なるため、大きさや見え方が異なる。このため、画像マッチングを行う前に画像を修正しなければならない。実験では自己位置測定地点からランドマークオブジェクトまでの距離を 3 段階に設定し、ランドマークシーンの大きさ・見え方を修正した画像でマッチングを行った。大きさの修正は距離と見かけの大きさが反比例する性質を用い、見え方の修正は、ランドマークオブジェクトを平面物体と仮定して行った。

3.3 自己位置・姿勢の同定

画像マッチングによって得られた、自己位置測定地点におけるランドマークオブジェクトの相対角度から、自己位置・姿勢を同定する。

2つのランドマークオブジェクトの観測角度差が得られている場合、円周角定理を用いることによって、ロボットの位置は一つの円弧上に決定される。そのため、最低でも3つのランドマークオブジェクトの観測角度が得られれば、ロボットの位置は一意に定まる (図3)。



☆：ランドマークオブジェクト

○：ロボットの位置

図3 ロボットの自己位置決定法

ランドマークオブジェクトの観測角度が4つ以上得られる場合は、適当な重み付けや最小2乗法などにより、ロボットの存在確率が最も高いと思われる場所を、算出されたロボットの位置とする。

ロボットの姿勢は、自己位置の同定後にパノラマ画像と CCD カメラから得られている画像を比較して決定する。

4. おわりに

ロボットが自動的にランドマークオブジェクトを定め、観察して環境地図を生成し、自己位置測定地点でのパノラマ画像と比較することによって、自己位置を同定する手法を述べた。本手法は、環境情報をあらかじめ与える必要がないため、未知の環境での利用が可能である。自己位置同定のロボスタ性を上げるために、ランドマークオブジェクトの選択法・個数とマッチング方法の検討をしていく予定である。

謝辞

最後になりましたが、研究にあたって御協力下さったミノルタ (株) 高槻研究所電子情報技術部の皆様に謝辞を申し上げます。

参考文献

- [1] 松本吉央, 稲葉雅幸, 井上博允: “視野画像列を利用した経路表現に基づくナビゲーション”, 日本ロボット学会誌, Vol15, No. 2, pp. 74-80, 1997