

複数台のロボットによる環境地図の作成

7J-1

渡辺 昌宏 今井 正和 烏野 武

奈良先端科学技術大学院大学

1 はじめに

ロボットに室内環境の地図を作成させる場合、少しでも死角を減らすことが重要である。

そこで、複数台の、観測点や視点高の異なったロボットから得た視覚情報を組み合わせれば、より多くの情報を含んだ環境地図を作成することができる。

複数台のロボット各々で得られた視覚情報のマッチングを行なうためには、従来、ロボット相互の形状を正確にとらえて、相対的な位置関係や姿勢を知る手法が行なわれている [1][2]。しかし、その手法では、処理時間がかかったり、周囲の環境を単純なものにする必要があった。

そのため、本報告では、移動ロボットの軌道を知ることにより、移動ロボットが移動ステレオ法を用いて得た距離画像を、別のロボットの座標系に変換する手法について述べる。

2 実験

2.1 システム構成

システム構成図を Fig.1 に示す。3自由度の架台に載ったステレオカメラを持つロボット Robot1 と、進行方向に垂直にカメラを載せた移動ロボット Robot2 がある。Robot2 のカメラの上には、垂直に赤いアンテナが立っており、Robot1 は Robot2 のアンテナを追跡するようにカメラを動かすことができる。

2.2 実験手順

1. Robot1 のカメラにより、Robot2 のアンテナを注視することにより、Robot2 の Robot1 からの距離と方向をとらえる。

2. Robot2 に取り付けられたカメラからの画像を保存する。

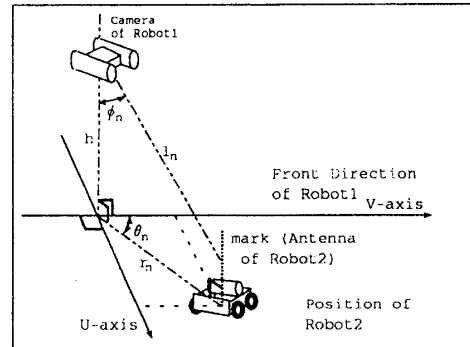


Fig.1 Robot2's Position on U-V Coordinates

3. Robot2 を動かす。但し、Robot2 は床の上を、直線運動をするものとする。

4. 1. から 3. を繰り返す。

5. Robot2 の画像から、連続ステレオ法 [3] により Robot2 の軌道に対する対象物の距離画像を作成する。

6. Robot2 の軌道の、Robot1 に対する距離と方向から、Robot2 による環境地図を Robot1 の位置からの環境地図に変換する。

3 Robot2 と Robot1 の座標変換

Fig.1 において、Robot1 による注視後の既知のパラメータは、 h, ϕ_n, θ_n および、ステレオ距離測定による l_n である。

まず、 ϕ_n, l_n を用いて、 r_n を求めると次のようになる。

$$r_n = l_n \sin(\phi_n) \dots(1)$$

この、 r_n および、 θ_n を用いて、各観測点での Robot2 の位置を、Robot1 の正面方向を V 軸、それと水平面上で直交する方向に U 軸をとった、U-V 平面に座標変換する。

$$P_n(u_n, v_n) = (r_n \sin(\theta_n), r_n \cos(\theta_n)) \dots(2)$$

次に各 P_n に対して一次補間を行ない (Fig2)、Robot2 の軌道を U-V 平面上の一次式で表す。

$$aU + bV + c = 0 \dots(3)$$

この直線に原点から垂線を下ろし、その足を M とす

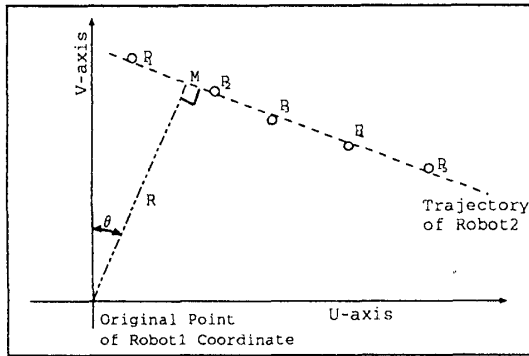


Fig.2 Trajectory of Robot2

ると、M の座標及び R, θ のは以下ようになる。

$$M(M_x, M_y) = \left(\frac{-ac}{a^2+b^2}, \frac{-bc}{a^2+b^2} \right) \dots(4)$$

$$R = \frac{|c|}{\sqrt{a^2+b^2}} \dots(5)$$

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{a}{b}\right) \dots(6)$$

4 Robot2 により取得される距離画像

Robot2 の各停止点において撮影した画像中の特徴点は、連続ステレオ法によって Robot2 軌道からの距離に直すことができる [3]。

そうして得られた距離画像を M を原点とした X-Y-Z 座標で表す。但し、Z 軸は床を原点とした高さである。

5 Robot2 の距離画像の Robot1 の座標系への変換

前節で得られた距離画像を Robot1 の U-V-Z 座標系に変換する。距離画像の座標を Q(Q_x, Q_y, Q_z) とする と以下ようになる。

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_x \\ Q_y \\ Q_z \end{bmatrix} \dots(7)$$

Table1 シミュレーションの条件設定

項目	設定値
Robot1 のカメラの高さ h	1500 mm
Robot1 のカメラ間距離 h	200 mm
Robot1 のカメラ	1/2inch CCD, f=16mm, 0.01mm/pixel
Robot2 のカメラ	1/2inch CCD, f=12mm, 0.01mm/pixel
Robot2 の観測点	11 箇所
Robot2 の一回の移動量	50mm
その他のパラメータ	θ = 0°

Simulation Result

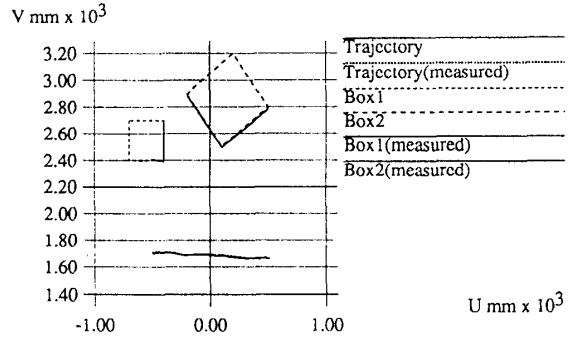


Fig.3 シミュレーション結果

6 シミュレーション結果

今回の手法をコンピュータによってシミュレーションした。設定条件を Table1 に示す。Fig.3 は Robot2 が U-V 座標上の点 (1700,-500) から、U 軸に平行に正の方向に移動させたときのシミュレーション結果を表している。ただし、Robot2 は 50mm 直進した時に距離は ±10mm、角度は、±15° の誤差が生じるものとする (誤差の確率は正規分布に従う) もとする。

7 おわりに

本報告では、連続ステレオ法により距離画像を取得し、取得時の軌道を観測することにより、各々の時点でのロボットの姿勢を知ることなしに、その距離画像を、他のロボットの座標系に変換する方法について述べた。

今後、この方法を実際にインプリメントし、問題点やその解決法を検証してゆきたい。

参考文献

[1] 新井、木村、前田、太田、梅田：移動ロボット相互の位置・姿勢実時間計測システムの開発、日本ロボット学会誌 Vol12 No.3, pp472~478,1994
 [2] 山内、石川、加藤：2 台の移動ロボットを用いた同一対象物の位置検出について、日本ロボット学会誌 Vol12 No1, pp.112~115,1994
 [3] 山本：連続ステレオ画像からの 3 次元情報の抽出、信学会論文誌 Vol.J69-D No.11,1986