

視覚による2足ロボットの近距離動作の決定

5F-7

申 東旭

早稲田大学理工学部

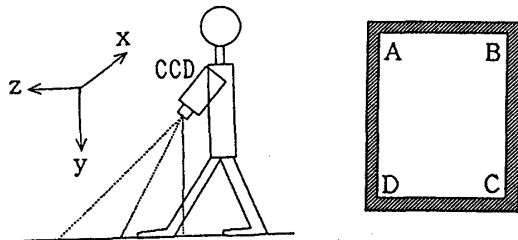
1. はじめに

自律移動ロボットの視覚系の研究は車輪ロボットに主眼が置かれ⁽¹⁾、2足ロボットに対するものはほとんど見あたらない⁽²⁾。2足ロボットも、静止中は車輪ロボットの視覚と大きく変わる処はないが、歩行中はカメラの姿勢が歩行とともに変動する。筆者らは、この問題の一解決策として歩行中撮影したロボットの足(四角形)の画像からカメラの姿勢を同定する方法を提案した⁽³⁾。

本研究では、このカメラ姿勢同定法をベースに、近距離の障害物を避けるためのロボットの足位置の決定法と床面及び道路上に描いてあるランドマークに沿って歩行する方法を述べる。

2. カメラ姿勢の測定

カメラは図1 aのように、歩行中足が画像平面上で下半分の領域に入るように設定する。これは画像の下半分を足の写る領域とし、上半分は足の前方が写るようにし、自分の足を用いてカメラの姿勢を求めるためである。足は図1 bのように黒い縁がある白い四角形とする。これは背景によらず足の位置を容易に検出するためである。画像の撮像は左または右足が地面に接したとき、進行方向は足の線分ABに垂直の方向とする。カメラの姿勢パラメータとしてはx軸



a) 視覚モデル b) ロボットの足
図1 2足歩行ロボットの視覚モデル

およびy軸に対する回転成分を求める。ここで、前者は測距離のため、後者は進行方向の判断に重要なパラメータである。

以上より、カメラの姿勢は画像の下半分をあるしきい値により2値化して足(四角形の頂点)を検出し、カメラ姿勢同定法によりx軸とy軸に対する回転成分が得られる。

3. 障害物の検出と足位置の決定

ここでは、ロボットの手前にある障害物をさけるため、次に足をどこにおけばよいかを決定する方法を述べる。検出した足が左(右)足ならば、右(左)足は画像上に写らないので、仮想的に右(左)足が左(右)足の先端(図1bの線分AB)と同じライン上にあるとし、右(左)足の位置を求める。その後、図2のように各足の前の点線上の点に対してエッジを検出し、障害物の有無と障害物までの距離を求める。これは、歩行中CCDカメラに写る画像全体を処理するのではなく、歩行に必要な足前的一部分だけを処理することにより高速化を図るためである。

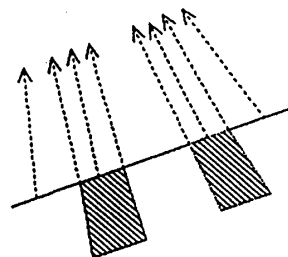


図2 障害物の認識

4. ランドマークの検出とこれに沿う歩行

ここでは、床面及び道路上に描いてある図3のようなランドマークに沿って歩行する方法を述べる。

ランドマークは先に検出した足の先端のライン上を左から右方向にscanningしながら白から黒に変わる点を始点とし、ランドマーク回りの点を検出する(反時計方向)。検出した点から、図3のどのランドマークに相当するかを判別し、足からランドマークまでの距離 l_1 、 l_2 、およ

び角度 θ_1, θ_2 を求める。ランドマークの種類によりロボットの動作を次のように決定する。

例えば、ランドマーク a の場合は

- (1) $Q_1 > L_{THDP}$: 左移動
- (2) $Q_1 < L_{THDM}$: 右移動
- (3) $L_{THDM} < Q_1 < L_{THDP}$
 - (a) $\theta_1 > D_{THDP}$: 右回転
 - (b) $\theta_1 < D_{THDM}$: 左回転
 - (c) そのほか : 直進

(L_{THDP} 、 L_{THDM} 、 D_{THDP} 、 D_{THDM} はしきい値である。)

5. 実験

今回の実験は人間の胸（床面から約120cm）にカメラを付けて行った。足は下駄上に四角形の図形を固定し、四角形の大きさは15cm x 15cm、高さは床面から11cmであった。画像の大きさは512x512(8bit)で、レンズは足が画像の下半分に写るように焦点距離8mmの広角レンズを用い、これにより測定可能な距離は約75cmであった。

まず、距離測定の実験として足前に10cm間隔でテープを貼り、カメラの姿勢をいろいろ変えながら、距離測定を行った。表1はその結果で、誤差の原因はレンズによる歪及び分解能などが考えられる。処理時間は画像の入力から距離測定まで約5秒であった。

次は障害物までの距離を測定し、次の足位置を決定するための実験を行った。図4は検出した左足、仮想的な右足（大きな点線の四角形）、エッジを検出するライン、次の右足の位置を障害物の10cm前としたときの右足の位置（小さな点線の四角形）を示す。

最後はランドマークに沿って歩行する実験で、ロボットの場合と異なり、どの足が写っているか不明なため、キーボードから入力して行った。図5はカメラに写ったランドマーク（床面にカムテープを貼った）と足の画像である。処理時間は画像の入力から判断まで約2秒であった。

6. むすび

本研究では、先に提案した2足ロボットの姿勢の同定法をベースに、ロボットの姿勢が変わっても近距離にある障害物までの距離の測定及び足位置の決定、ランドマークに沿って歩行す

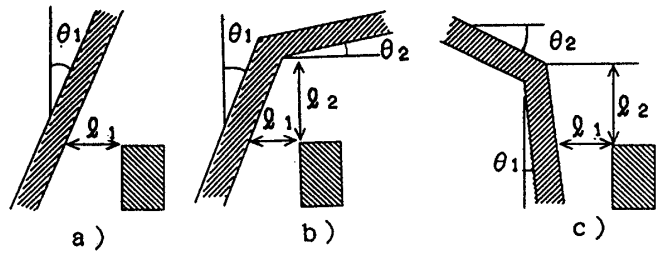


図3 ランドマーク

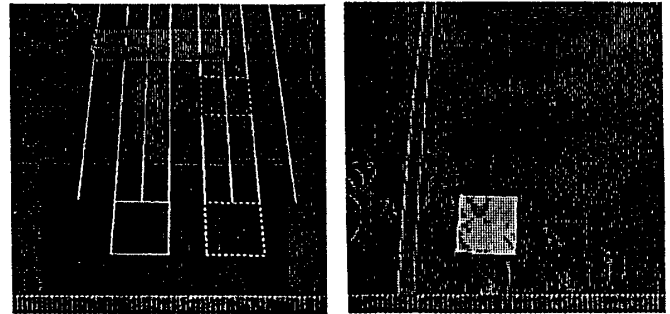


図4 足位置の決定

図5 ランドマーク画像

表1 距離測定誤差

距離	測定誤差	距離	測定誤差
20cm	0.71	50cm	2.21
30cm	0.81	60cm	2.59
40cm	1.11	70cm	3.32

る実験で予期の結果を得た。

実際の歩行実験は室内でランドマークを用いて行ったが、このランドマークの代わりに壁と床の境界線及び道路上の境界線などの検出ができれば、現場でそのまま適用可能と考えられる。

謝辞

本研究をご指導下さいました早稲田大学理工学部の大照完先生と東邦大学理学部の橋本周司先生に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 鈴木他, "移動視における対応付けと3次元情報の獲得", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J72-D, No. 5, pp. 686-695, 1989
- 2) D. Shin, A. Takanishi et al, "Realization of Obstacle Avoidance by Biped Walking Robot Equipped with Vision System", IEEE/ IROS, pp. 268-275, 1989
- 3) 申他, "歩行ロボット用カメラのキャリブレーションの一方法", 電子情報通信学会春季全国大会, D-579, pp. 331, 1990