

201 自律走行ロボット用レーザ照射型自己位置計測法

北海学園大学 ○深谷健一 東京電子 野村健二 日本電気通信システム 松田弘幸

要旨

自律走行ロボットの自己位置計測法として、二つのレーザ光を平らな壁面に照射して出来る交点の位置をCCDカメラで計測し、画像処理により壁面とロボットの距離、傾きを求める方法を考案した。実験の結果は使用可能との結論を得たが、実用化にはレーザ輝度の不均一、実質的な計測領域の拡大、処理時間短縮など幾つか改良を図る必要がある。

1. まえがき

平坦な壁に囲まれ、床面が平らな廊下世界の中を自律走行型のロボットが走行するには、ロボット内部のエンコーダやジャイロによる位置計測だけではスリップなどにより次第に経路から外れて行く。このためロボット外部との相互作用による自己位置の確認が必要になる。図1に示すように、ロボットから照射するレーザの壁面との交点位置をカメラを用いて計測することにより、壁との距離と傾きを求める。絶対位置は同じカメラを用いて、曲がり角などに設置した目印(LED)あるいは通路形状の情景解析などで知る状況を想定する。本報告は前者の相対位置を計測する方法について述べるものである。

2. 自己位置計測方法

2.1 計測原理

図2に計測系を示す。カメラの左右にレーザ光源を距離 a 、角度 θ で設置し、レーザ光の壁面との交点を $A(x_A, y_A)$ 、 $B(x_B, y_B)$ とする。カメラ中心と A 、 B 点を結ぶ直線の方程式は Q_A 、 Q_B の傾きを ϕ_A 、 ϕ_B とすると

$$Q_A: y = -\cot \phi_A x \quad (1)$$

$$Q_B: y = \cot \phi_B x \quad (2)$$

左右のレーザ光の方程式は

$$Q_L: y = -\tan \theta (x + a) \quad (3)$$

$$Q_R: y = \tan \theta (x - a) \quad (4)$$

で表わされる。 A 、 B 点の座標はそれぞれ Q_A と Q_L および Q_B と Q_R の交点として求め、壁面は A 、 B 点を結ぶ直線として次式で表現される。

$$y = \frac{\tan \theta (\cot \phi_B - \cot \phi_A)}{2 \tan \theta - \cot \phi_A - \cot \phi_B} x + \frac{a \tan \theta (\cot \phi_A + \cot \phi_B)}{2 \tan \theta - \cot \phi_A - \cot \phi_B}$$

したがって壁面までの距離 L と壁面の傾き \ominus は

$$L = \frac{a \tan \theta (\cot \phi_A + \cot \phi_B)}{2 \tan \theta - \cot \phi_A - \cot \phi_B} \quad (5)$$

$$\ominus = \frac{\tan \theta (\cot \phi_B - \cot \phi_A)}{2 \tan \theta - \cot \phi_A - \cot \phi_B} \quad (6)$$

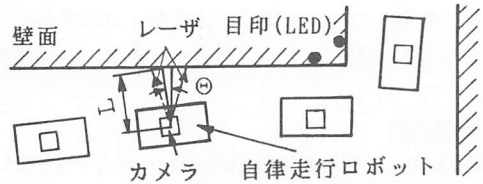


図1 自律走行ロボット自己位置計測状況

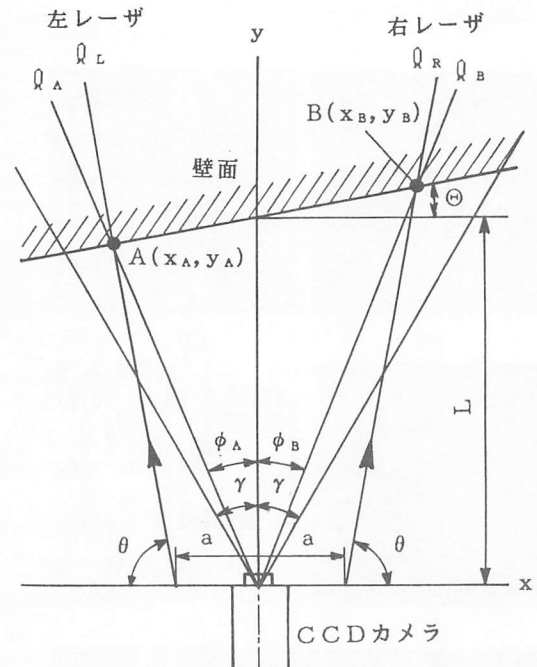


図2 レーザ照射型自己位置計測系

となる。

カメラの視野画像(図3)で、カメラ中心から画角 γ の位置までの画素数 p_γ と交点 A 、 B までの画素数 p_A 、 p_B の間には次の関係式が成立する。

$$\frac{\tan \gamma}{P_\gamma} = \frac{\tan \phi_A}{P_A} = \frac{\tan \phi_B}{P_B} \quad (7)$$

したがって ϕ_A 、 ϕ_B は図3に示すように求まる。画角に対応する画素数 P_γ は使用するレンズ、フレームメモリが決定されれば、予め実験により較正可能である。

2. 2計測可能領域

式(5)、(6)より

$$\cot \phi_A = \frac{\tan \theta (L - a \ominus)}{a \tan \theta + L}, \quad \cot \phi_B = \frac{\tan \theta (L + a \ominus)}{a \tan \theta + L}$$

が求まる。ここで $\phi_A < \gamma$ 、 $\phi_B < \gamma$ の時、交点A、Bがカメラの視野に入り計測可能となる。これよりLと \ominus の関係を求めると

$$\cot \gamma - \frac{1}{a} \left(-\frac{\cot \gamma}{\tan \theta} \right) L < \ominus < -\cot \gamma + \frac{1}{a} \left(-\frac{\cot \gamma}{\tan \theta} \right) L$$

が得られる。

図4に距離Lと傾き \ominus の計測可能領域を示す。Lが小さい領域では計測可能角度は制約される。大きなa、小さな θ では領域が狭く、大きなレンズ画角 γ で計測可能領域が広がる。

3. 実験

3.1 処理手順

原画像データを2値化処理後、カメラ中心から交点A、Bまでの画素数を求める。2値化では輝度の高い交点部分の面積が全画像面積に比べ小さいことからヒストグラムは明確な2峰性を示さないが、交点面積が予測できるので、pタイル法を適用した。レーザ照射面は図5に示すように横長の形状をしているため、a、画像の縦幅が最大 b、横幅の中央 c、左端をそれぞれ位置判定基準として試験した。

3.2 計測結果

以下の測定条件 [可視光半導体レーザ：波長670nm・到達距離30m以上・ビーム径3m先で7mm(市販レーザポインタ)、 $\theta = 90$ 度、 $a = 15$ cm、 $\gamma = 27.78$ 度(広角レンズ)] による計測結果の一例を表1に示す。実験の結果判明したことをまとめると

- ①簡便な方法で、壁面との距離、傾きが求められる。
- ②壁の色に左右されず、暗い場所でも計測可能である。
- ③誤差は距離で2cm、角度で3°程度であり、これは超音波距離センサよりやや優れている。
- ④交点位置の判定法は優劣つけがたい。レーザ輝度の不均一があり、一定輝度に電圧調整する必要がある。
- ⑤壁面の傾きが40°程度になると、レーザ交点が横に伸び、輝度が下がるため2値化がpタイル法では困難になる。
- ⑥広角レンズで絞りを8~11にした場合にはピントぼけの影響はない。

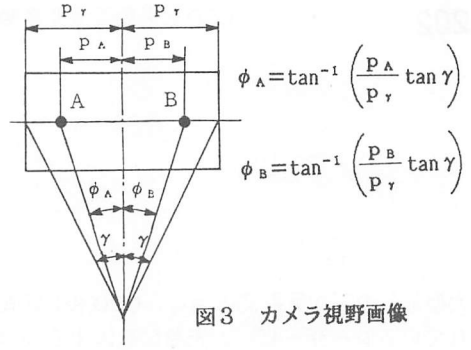


図3 カメラ視野画像

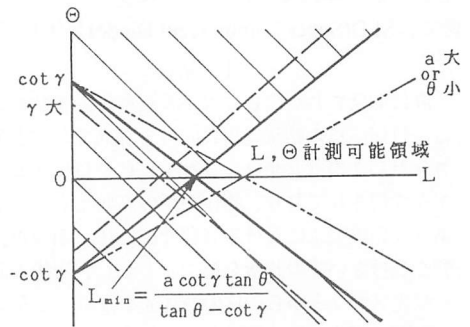


図4 距離と傾きの計測可能領域

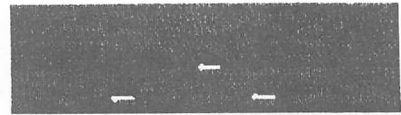


図5 レーザ交差点画像

表1 計測結果の一例

設定値		実測値		備考
距離 cm	傾き °	距離 cm	傾き °	
88.2	0	88.3	-3.9	判定 a
		86.7	-1.9	判定 b
		87.0	2.8	判定 c
39.1	21.1	37.4	21.6	判定 a
		37.7	21.1	判定 b
		38.0	21.3	判定 c