

画像処理に基づく車両誘導システムの開発 —車両位置の計測—

北海道自動車短大 ○笠井 博, 北海道大学工学研究科 五十嵐 悟, 金子 俊一

要 旨

駐車時の車両誘導システムの開発に必要な車両位置の検出のための数学モデルを求め、また、視覚センサーとして CCD カメラを用い、画像処理を行うことにより得られたデータを用い数学モデルを解くことを試みた。

1. はじめに

ドライバーの運転支援を目的とした走行環境認識のための画像処理に期待される機能としては車両位置とレーン形状等の計測である。これらは、画像のみで計測可能であり、走行環境の基本となる情報である。また、環境の教示システムの機能を持たせる上で、これらの環境の状況をいかに認識させるかは大きな課題であり、そのためには視覚センサを用いた環境認識力が不可欠である。

そこで我々は、視覚センサーとして CCD カメラを用い、駐車場の白線を画像処理により抽出し、車両との位置関係等から安全に駐車可能かを教示するシステムの開発を目指している。本報では、単眼法で CCD カメラにより取り込んだ画像から抽出した白線の情報と数学モデルから車両と白線の位置関係の算出を試みた。

2. 数学モデルの導出

2.1 座標系の設定

車両周辺の路面は水平であると仮定し、CCD カメラは車両上に固定するものとする。

図 1 に示すように、路面上にワールド座標系 $O_w-x_w-y_w-z_w$ を、車両上に固定した CCD カメラに視平面座標系 $O_v-x_v-y_v-z_v$ を設定する。いずれの座標系も右手系の直交座標系とする。また、視平面座標系と同一原点上に透視投影面の座標系 $O_v-x'_v-y'_v$ を設定する。

角度 α は光軸 (Z_v 軸) と路面とのなす角 (固定)、角度 β は z_v 軸 (光軸) の路面への投影線と y_w 軸のなす角とする。また、ワールド座標系における視平面座標系の原点の座標は (X_v, Y_v, Z_v) とする。

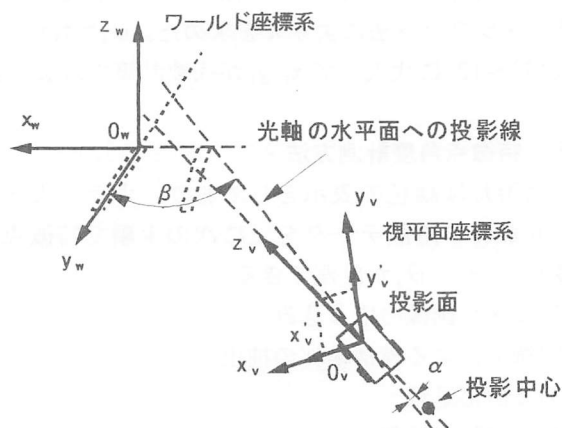


図1 座標系の関係

2.2 座標変換式の導出

ワールド座標系から視平面座標系への視野変換と透視投影の変換の結合結果は、次式のようにになる。

$$\{f - c \alpha s \beta (x_w - X_v) + c \alpha c \beta (y_w - Y_v) + s \alpha (z_w - Z_v)\} x'_v = f \{c \beta (x_w - X_v) + s \beta (y_w - Y_v)\} \quad (4)$$

$$\{f - c \alpha s \beta (x_w - X_v) + c \alpha c \beta (y_w - Y_v) + s \alpha (z_w - Z_v)\} y'_v = f s \alpha s \beta (x_w - X_v) - f s \alpha c \beta (y_w - Y_v) + f c \alpha (z_w - Z_v) \quad (5)$$

ただし、 $\sin \alpha = s \alpha$, $\cos \alpha = c \alpha$, $\sin \beta = s \beta$, $\cos \beta = c \beta$ とし、以後も同様に略記するものとする。

2.3 未知数の導出

(4)式、(5)式において既知のものは角度 α 、焦点距離 $-f$ 、CCD カメラの高さ Z_w 、参照点の座標 z_w である。従って、未知数は $(x_w - X_v)$ 、 $(y_w - Y_v)$ 、 β の3組である。

(4)式、(5)式から $(y_w - Y_v)$ を消去すると、

$$x'_v = \frac{c \alpha (x_w - X_v) - s \alpha s \beta (z_w - Z_v) - f s \beta}{c \beta (z_w - Z_v) + f s \alpha c \beta} y'_v \quad (6)$$

$$+ f \frac{s \alpha (x_w - X_v) + c \alpha s \beta (z_w - Z_v)}{c \beta (z_w - Z_v) + f s \alpha c \beta}$$

(6)式の傾きをA, 切片をBとおくと,

$$x'_v = A y'_v + B \quad (7)$$

(6)式, (7)式よりβを求めると,

$$\beta = \tan^{-1} \frac{B c \alpha - A f s \alpha}{f} \quad (8)$$

(6)式より $(x_w - X_v)$ を求めると,

$$(x_w - X_v) = \frac{(c \beta x'_v + s \alpha s \beta y'_v - f c \alpha s \beta)(z_w - Z_v)}{f s \alpha + c \alpha y'_v} \quad (9)$$

$$+ f \frac{s \alpha c \beta x'_v + s \beta y'_v}{f s \alpha + c \alpha y'_v}$$

(4)式より $(y_w - Y_v)$ を求めると,

$$(y_w - Y_v) = \frac{(c \alpha s \beta x'_v + f c \beta)(x_w - X_v) - s \alpha x'_v (z_w - Z_v) - f x'_v}{c \alpha s \beta x'_v - f s \beta} \quad (10)$$

3. 画像処理

画像処理は図2に示す手順で行った.

①入力画像: CCDカメラにより撮影した画像(灰色の背景に黒色の線を引いた画像)1画素256階調(256×256画素)のカラー画像を, XYZ表色系により1画素256階調の白黒画像に変換し入力画像とした(図3).

②特徴点抽出: 入力画像から大まかなエッジ抽出を行うために Sobel 微分フィルタにより輝度変化の大きな画素の抽出を行った^{1) 2)}(図4).

③2値化: 入力画像の最大輝度の60%をしきい値とし, 背景の輝度と白線の輝度差が比較的大きく画面全体を単一しきい値で2値化した(図5).

④直線抽出: 投影面で垂直に近い白線を対象としているので, 傾き・切片に基づく Hough 変換を用いた³⁾. 投票空間 A-B における定義式は次のようになる.

$$A-B \text{ 空間} : B = -y'_v A + x'_v \quad (11)$$

ここで, A を 1/100 の増分に変化させるものとすれば, ピクセル間隔は整数値なので, $A' = 100A$, $B' = 100B$ と置くことにより整数化され, (11)式は次のようになる.

$$A'-B' \text{ 空間} : B' = -y'_v A' + 100x'_v \quad (12)$$

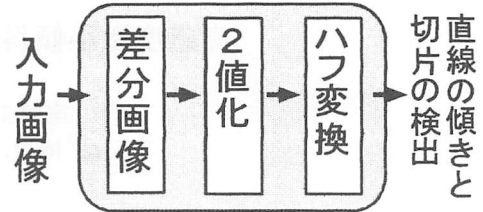


図2 画像処理の手順

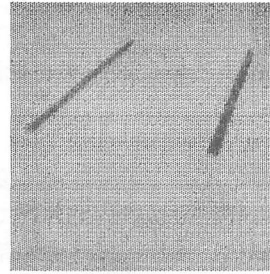


図3 入力画像

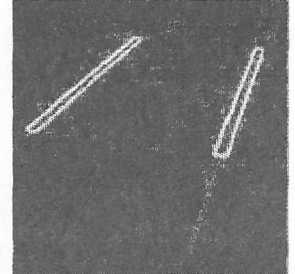


図4 特徴抽出画像

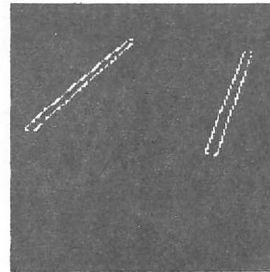


図5 2値化画像

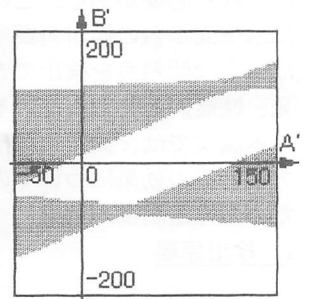


図6 投票結果

実際の投票は $A'-B'$ 空間内において行われ, 多くの得票を得た点から2本の白線を構成する各2本の線分の傾き A_i , 切片 B_i をそれぞれ算出し, 各白線の傾きと切片はそれぞれの組の線分の傾きと切片の平均値とした(図6).

4. まとめ

数学モデルを求め, 未知数 β , $(x_w - X_v)$, $(y_w - Y_v)$ を求める定式化を行った. さらに画像処理手順を提示し, 実画像を用いた実験により白線の傾きA, 切片Bが求まることを確認した. 今後は高速に白線を検出する処理を開発し, あわせてカメラ校正を行い実際の環境での画像を使った実験を行う予定である.

参考文献

- 1) 本多 庸悟: 画像処理と視覚認識, オーム社(1995)
- 2) 酒井 幸市: デジタル画像処理入門, コロナ社(1997)
- 3) 矢澤龍太, 近藤司, 金子俊一, 五十嵐悟: 交差角度特徴を用いた投票型認識による実時間物体認識, 1998年度精密工学会春季大会講演, p.487(1998)