

一般道路における幾何形状モデルの構築

3K-9

胡 振程 内村 圭一 宮平 聡

熊本大学

1. まえがき

近年、「安全運転の支援」を中心とした、道路・交通・車両の情報化による高度交通システム(ITS: Intelligent Transport System)が提案され、多くの研究がなされている^[1]。このようなシステムを実現するために、道路領域又は走行レーンの認識が不可欠である。今までの走行レーンの認識に関する提案手法では次のような理由で、一般道路にうまく適応できない。一つは、道路白線に過分に依存する。現実には、一般道路の場合では、白線は不鮮明または一部が欠落しているところが多い。もう一つは、水平形状モデルとして、直線と円弧しか提案されていないため、カーブ道路への入出部分(即ち、直線道路と曲線道路の接合部分)では、直線又は円弧のいずれかに近似されているので、認識精度は著しく悪くなった。そこで本稿では、一般道路に着目し、単眼視静止カラー画像を用いて、道路領域の抽出と認識を利用し、道路白線に依存せず新しい道路形状モデルの構築法を提案する。また、実際の道路情景画像に適用し、本手法の有効性を示す。

2. 一般道路の特徴と形状モデル

本研究で扱う一般道路は、図1のようなアスファルト又はコンクリートで敷設され、道路区画線(白線と中央線)の設置と車線数を問わないが、一本の道路と仮定する。一般道路の形状としては、直線、円弧曲線、螺旋曲線及びそれらの任意の組合である。これらの組合せの例を図3に挙げる。実際の処理では、螺旋曲線は円弧で近似している。

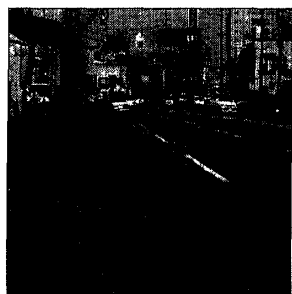


図1. 原画像(市街道)

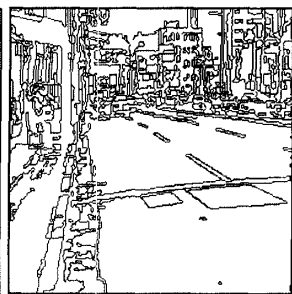


図2. 領域分割結果

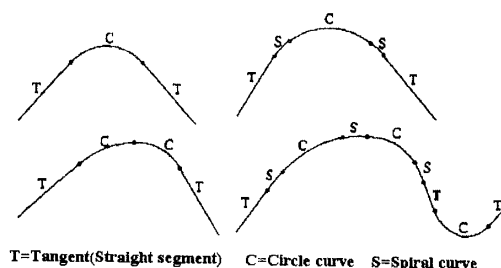


図3. 道路形状モデル組合せの例

3. 画像の領域分割と道路領域の認識

従来の手法では、極大値フィルターによって白線エッジを検出したり、明度微分画像から斜めの直線成分を白線エッジ候補として抽出している。ところが、一般道路では、道路区画線が不鮮明、又は覆われたり消えたりしたところが多いため、これらの手法では、道路状況は認識結果に大きい影響を与える。そのため、本手法では、道路の領域(敷装面、区画線など)に注目し、一般道路に対応可能なロバスト認識方法を提案する。

3.1 情景画像の分割

本手法では色彩と明るさの変化率に着目したカラー微分エッジ抽出法を用いて領域を分割する。

(1) 画像のカラー微分

カラー微分の強度と方向を次のように定義する:

$$\text{強度: } d = \sqrt{\sum_{f=R,G,B} (X_f^2(i,j) + Y_f^2(i,j))}$$

$$\text{方向: } \gamma = (\phi, \zeta)^T \quad (1)$$

ここで、 X_f, Y_f はRGB各色成分のX方向とY方向の一次偏微分値である。方向 γ はRGB色座標系での三次元ベクトル方向で表示される。実際の処理としては、雑音抑制とエッジ線分を強調するため、Prewittの加重マトリクスを用いて、一次偏微分を求める。

(2) エッジ線分の処理

カラー微分の強度によって、エッジ画像を二値化する。そして、閉合エッジ線を求めるために、非極大値抑制により細線化し、エッジ線分を追跡、延長する。

(3) 領域ラベリング

閉合エッジ線により分割された領域を、色注入法によりラベリングする。その後、輪郭線を消去する。図1に対する領域分割結果を図2に示す。

3. 2 道路領域認識

道路領域の特徴量（色、明度、テクスチャなど）は天候条件（晴れ、曇り及び光の反射など）により大幅変わる。そのため、道路領域の認識は路面サンプルから推定された特徴量モデルと関連知識に基づいて行う^[2]。認識結果を図4aに示す。

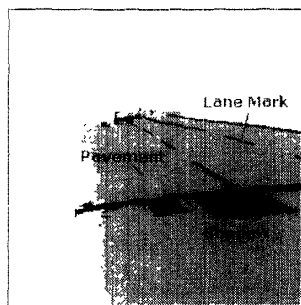


図4a.道路領域抽出結果

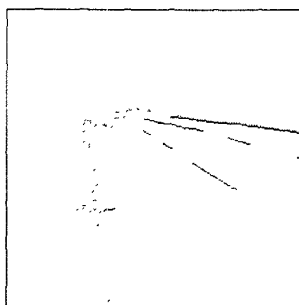


図4b.骨格線と境界線

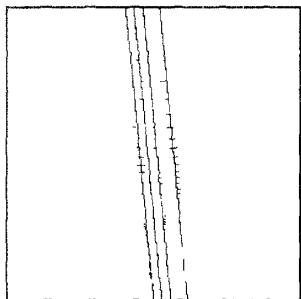


図4c. Hough 変換結果

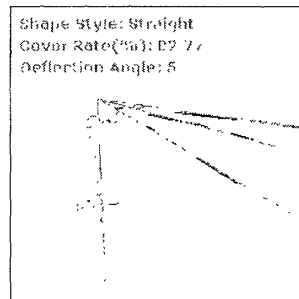


図4d. 形状モデル

4. 道路形状モデルの構築

道路幾何形状（水平線形）の認識については直線と円弧の二つの形状モデルを中心として提案されている。このため、実際の道路に多い両モデルの接合部分（図3参照）に対しては、直線又は円弧のいずれかのみに近似しているために、認識精度は著しく悪くなった。道路工学の面から見ると、この部分はドライバの最適視覚距離と操舵制御に大きい影響を与える。そのため、本稿では直線、カーブ、カーブ・インとカーブ・アウト四つの道路形状モデルを提案し、より高い精度の認識を行う。

(1) 画像データを三次元空間への逆投影変換

抽出された道路白線と中央線領域を細線化して、各領域の骨格線を求める。図4bに示すような骨格線と道路領域の境界線上の点の座標を、次の逆投影変換式によって、路面座標系へ変換する。

$$\begin{aligned} X_n &= -H \cdot \frac{x_n}{y_n \cos \theta - f \sin \theta} \\ Y_n &= -H \\ Z_n &= -H \cdot \frac{f \cos \theta + y_n \sin \theta}{y_n \cos \theta - f \sin \theta} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、車載カメラのパラメータ（ H ：地面までの高さ、 f ：焦点距離、 θ ：俯角）は既知、路面の片勾配は0とする、即ち地面が平坦と仮定する。画像座標系 (x_n, y_n) と路面座標系 (X_n, Y_n, Z_n) 間の関係を図5に示す。

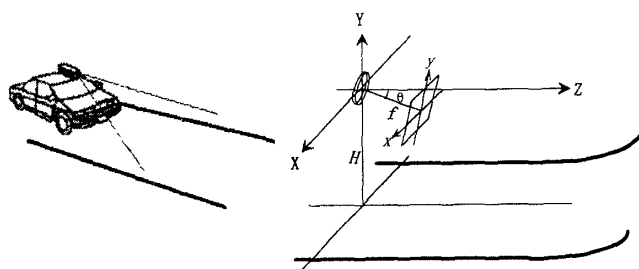


図5. 路面座標系と画像への投影

(2) Hough 変換

逆投影変換した点に対して、三次元空間の $X-Z$ 平面で重み付きHough変換と高速確率的Hough変換を行って、平行な直線群と同心円弧を道路形状候補線として検出する。各モデルのあてはめ率によって、用意された直線、円弧、カーブ・インとカーブ・アウト四つの形状モデルを選択する。図4cと図4dはHough変換と形状モデルの選択結果を示す。

5. むすび

本稿では、車載カメラによる前方道路情景画像から道路形状モデルの構築を提案した。実際の道路情景画像へ提案モデルを適応し、図4dと図6bから分かるように本手法の有効性が示された。

今後、悪天候時の対処方法及び障害物検出や危険度判断などを検討する予定である。



図6a. カーブ道路

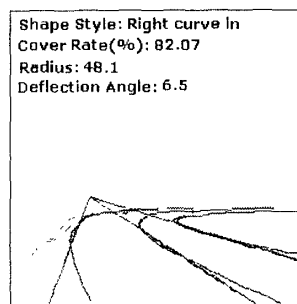


図6b. 形状モデル

参考文献

- [1] 根岸, 千葉, 小沢: "高速道路における車両姿勢角推定に基づく道路エッジの自動追跡", 信学論DII, No. 5, pp.931-939 (1994)
- [2] 内村, 胡: "道路情景画像からの道路領域の抽出と認識", 情報処理学会九州支部研究会報告, No.11, pp. 243-249 (1997)