

道路領域自動抽出法の提案

2 P - 6

胡 振程 宮平 聡 内村 圭一

熊本大学

1. はじめに

自律走行自動車またはドライバー支援システムの研究には、走行道路環境の理解は不可欠である。近年、道路白線の検出により道路領域の検出及び三次元走路構造の検出を中心として、多くの研究がなされている¹⁾。しかし、一般道路の場合では、白線はすべてに引かれているわけではない。また、道路の交差点部及び分合流部など複雑な道路では白線だけで走路を完全に検出することが困難である。本稿では、一般道路に着目し、車載カメラによる前方道路情景カラー画像からの道路領域の自動抽出法を提案する。実際の道路情景画像に適用し、本手法の有効性を示す。

2. 領域分割

道路情景画像は、特にそれが一般道路の場合、車道と歩道、縁石及び周辺建築物が同じような明るさや色彩を持っていることが多い。そのため、濃淡特徴、色彩特徴の均一性に着目するこれまでの領域分割法²⁾では細やかな道路領域を分割しにくい。これに対して、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

各画素のカラー微分の強度を、対象物間の色彩と明るさの変化率として次のように定義する：

$$d = \sqrt{\sum_{f=R,G,B} (X_f^2(i,j) + Y_f^2(i,j))} \quad (1)$$

ここで、 X_f, Y_f はR、G、B各色成分のX方向とY方向の一次偏微分値である。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、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(FLOODFILLING)法によりラベリングする。その後、輪郭線を消去する。原画像図1に対する領域分割結果を図2に示す。

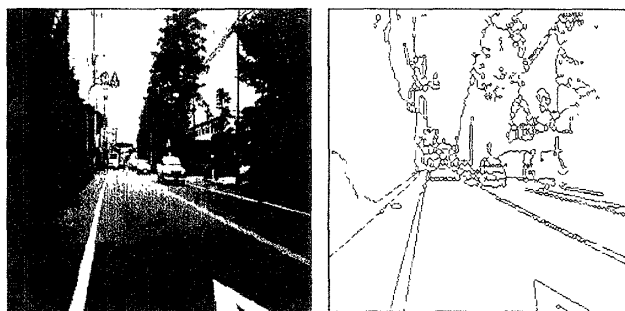


図1. 原画像（市街道） 図2. 領域分割結果

3. 領域認識

分割された画像領域から、対象物の関連知識を利用して、道路の特徴領域（走行路面、白線、中央線及び路面上影）を抽出認識する。関連知識には、例えば、対象物が路面であれば、

- ・道路面は地面であり、平坦である。
- ・道路領域は三次元射影の原理により画像の下で大きくて、上は小さい。
- ・一般には、道路は彩度が低くて、大面積を占めることが多い。
- ・道路レーンと中央線に隣接している領域は道路であり、道路領域は画面の一番下に接続する。などが利用できる。

ところで、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。従って、本稿では、ロバストな認識方法を提案する。

(1) 道路サンプルと道路特徴モデルの作成

「自車の現在位置は道路上である」という仮定から、道路情景画像の一番下の中心位置に道路サンプル

An Automatic Extraction Method of Road Region

Zhencheng HU, Satoshi MIYAHIRA,

Keiichi UCHIMURA

KUMAMOTO University

ルを作る。そして、サンプルの特徴量（明度、彩度及びRGB各色成分）により、走行路面、白線、中央線と路面上影の4つの道路領域の特徴モデルを作成する。

(2) 道路中心領域の抽出と周辺への拡張

次の二つの条件：「走行路面の特徴モデルに照合している」「領域重心の縦座標があるしきい値以上である」を共に満たしている領域の中で、最も面積の大きい領域を道路中心領域として抽出する。その中心領域の境界線を追跡して、隣接している領域を調査する。その結果、式(2)に示す評価値があるしきい値以下の領域を路面領域 k に併合する。

$$J_k = c_1 \cdot \sum_{X=R,G,B} \left| \frac{X_k - \bar{X}}{\bar{X}} \right| + c_2 \cdot \left| \frac{t_k - t}{t} \right| \quad (2)$$

但し、 J_k の第一項は色の動誤差率、第二項は領域のテクスチャの誤差率、 t は領域明度の分散、 c_1, c_2 は色情報とテクスチャ情報とのバランス用の重みである。

(3) 走行路面以外の道路特徴領域の認識

特徴モデルと関連知識（位置、形状、三次元情報など）を用いて、白線、中央線、及び路面上影を認識する。図1に対する認識結果を図3に示す。

4. 道路形状モデル

大局的に、直線道路、カーブ道路及び複雑道路という三つの道路形状モデルによって道路領域を修正する。

(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、各領域の中心線を求める。中心線を構成する点の数があるしきい値以下の場合、道路領域の境界線上の点を合わせて用いる。これらの点の座標を、次の逆投影変換式（文献[1]参照）によって、三次元空間（路面座標系）へ変換する。

$$\begin{aligned} X_n &= -H \cdot \frac{x_n}{y_n \cos \theta - f \sin \theta} \\ Y_n &= -H \\ Z_n &= -H \cdot \frac{f \cos \theta + y_n \sin \theta}{y_n \cos \theta - f \sin \theta} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 (x_n, y_n) は中心点列の画像上の座標で、 (X_n, Y_n, Z_n) は路面座標系三次元空間の座標である。また、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、そして、路面の片勾配は0とする、即ち地面が平坦である。

(2) 直線と円弧の抽出

三次元空間の $X-Z$ 平面でHough変換を行って、平行な直線と同心円弧を抽出する。直線間の距離または同心円弧の半径差が適当な範囲にあれば、道路形状候補線とする。その後、各候補線に対する中心点列の当てはめ率によって、直線道路、カーブ道路及び複雑道路という三つの道路モデルに分類する。

(3) 道路領域の修正

三次元空間 $X-Z$ 平面の道路形状モデルを画像に投影した点列と、道路領域の境界の点とを比較し、領域を修正する。直線道路に対する修正した画像と形状モデルを図4に示す。また、カーブ道路・図5に対する最終結果・図6を示す。

これらから道路情景画像に対して、正確に道路領域を抽出できることが分かる。

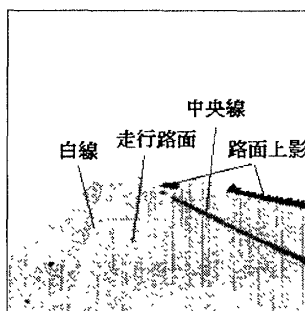


図3. 道路領域抽出結果

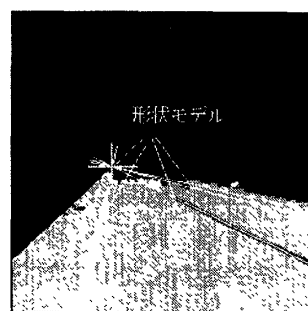


図4. 修正した結果

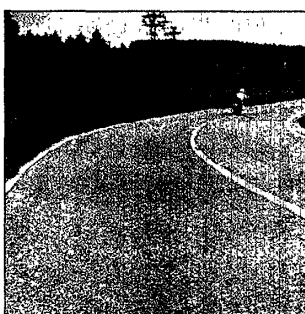


図5. 原画像(カーブ道路)

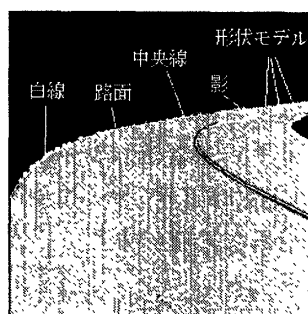


図6. 抽出結果

6. 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領域の自動抽出法を提案した。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。

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 (1994)
- [2]平田, 白井, 浅田: "単一カラー画像から得られる3次元情報を利用したシーンの解釈", 信学論DII, No. 11 (1992)