

単眼車載カメラ画像における前方車両検出

五十部宏幸[†] 中村靖[‡]

広島工業大学大学院環境学研究所[†]

広島工業大学情報学部情報工学科[‡]

1. はじめに

近年、カメラの小型化・低価格化に伴いドライブレコーダー等の目的で車載カメラが普及しつつあり、車載カメラと画像認識技術を組み合わせた自動車の安全運転支援システムの開発が望まれている。

道路を走行する自動車にとって、最大の障害物は周辺を走る他の自動車である。自動車の運転支援において、周辺車両の検知は最も重要な項目のひとつである。そこで、本研究は今後普及が進むと予想される単眼の車載カメラを利用して、前方車両を検出する方式を提案する。

2. 前方車両探索領域の生成方式

本研究が追求するような自動車の運転支援方式は、リアルタイム処理が要求され、処理時間を短縮するために前方車両の探索範囲を効率的に絞り込むことが重要となる。そこで、以下に示すような方法で前方車両の探索範囲を絞り込む。

2.1 基本的な考え方

図 1 に示すように点 A が車の消失点となるように車載カメラを設置し、固定するものとする。点 A と点 B および点 C を通る直線を仮想道路白線として生成するが、点 B と点 C は使用するカメラの特性によって位置が異なるため、実在する道路白線からあらかじめ点 B と点 C の位置を求めておく。このようにして求まる直線 AB, AC を仮想走行レーンラインとする。

走行レーンライン決定後は、前方車両の探索領域を生成する。消失点を起点として小さい矩形の探索領域を発生させ、車両が検出されるまで徐々に探索領域を走行レーンラインに沿って拡大させていく。このとき、領域を拡大させるにつれ画像を粗くし、探索処理データ数の増大を抑えるとともにノイズの除去を行った。以上のような方法で前方車両の探索領域を生成している様子を図 1 に示す。

2.2 道路白線の近似直線が検出できる場合

道路白線が検出できる場合は、道路白線の近似直線を走行レーンラインとすると効果的である。道路白線の近似直線の検出には、ハフ変換を利用する。まず対象画像の下半分の領域に対して、道路白線エッジの 2 値画像を求め、これに対してハフ変換を行う。このとき、一般的に複数の近似直線が求まるが、画像の下辺中央(図 2 の点 O)から最も近い直線を左右一本ずつ抽出し、これを走行レーンラインとし、その交点を車の

消失点とする。この方法で探索領域を生成している様子を図 2 に示す。

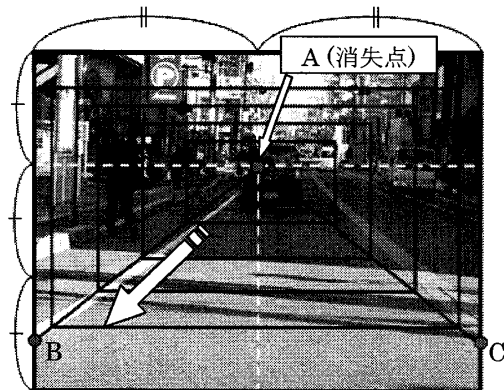


図1 基本的な探索領域の生成

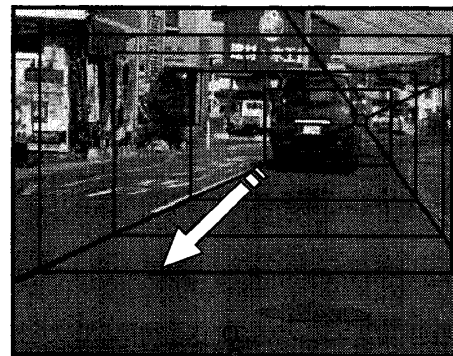


図2 道路白線に沿った探索領域の生成

3. 前方車両の検出方式

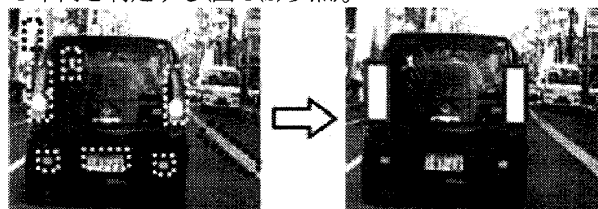
ここでは、探索領域内で前方車両を検出する方法について述べる。本研究では、車両背面の左右対称性に着目し、前方車両の検出を行う。その方法として、テールランプまたは車両エッジの左右対称部分を検出する 2 つの方法を検討した。

3.1 テールランプに着目した車両検出

自動車の背面には、車体中心より対称の位置に色が規格化された赤色ランプを 2 つ装着することが義務付けられている。車載カメラは前方車両のほぼ真後ろから背面を捉えているので、この顕著な特徴を基にテールランプを検出して前方車両の検知を行う。

RGB 画像では、日照変化が生じると正しい色情報が得られないため、HSV 画像を利用する。テールランプの赤色に近い Hue(色相)と Saturation(彩度)の値を基に領域を抽出し、領域の大きさが基準値を満たす

ものをテールランプ候補領域とした(図 3(a)参照)。次に、候補領域からテールランプの左右対称性を基に、2つの領域に絞り込む。候補領域の任意の組み合わせで、領域間の重心の高さや距離、面積比について基準値を満たす組み合わせがあれば、テールランプとみなし車両と判定する(図 3(b)参照)。

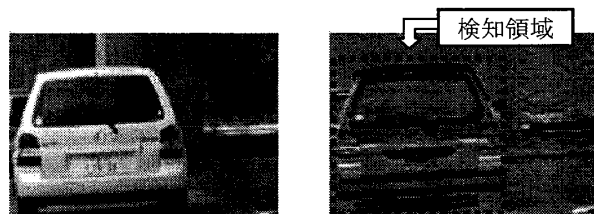


(a) 候補領域 (b) 領域の絞り込み
図3 テールランプの検出

3.2 車両エッジに着目した車両検出

一般に自動車の背面形状は左右対称である。次に、前方車両の左右対称なエッジを抽出して車両を検知する方法について述べる。

まず探索領域内において水平エッジを抽出し、水平エッジが多数現れた部分を前方車両の検知領域とする(図 4(b)参照)。このような水平エッジは、道路上の影や路面標識に対しても現れるが^[1]、以下で述べるように、車両エッジの左右対称性を調べることにより、車両とそれ以外の区別が可能である。



(a) 原画像 (b) エッジ画像
図4 水平エッジの抽出

本研究では、車両エッジの左右対称性を調べるため、形状モデルベースパターンマッチングを適用した。この手法は、対象画像の形状モデルに基づきパターンマッチングを行う方式であり、明暗変化やノイズに対してロバストなマッチングが可能である^[2]。

形状モデルは、画像中の隣接する画素間のコントラストが指定の値を超えている部分を形状特徴点"1"、それ以外を"0"とすることにより作成する。また、式(1)で示すように合致率を定義する。

$$\text{合致率(\%)} = \frac{\text{テンプレートと対象画像の形状モデル論理積"1"の画素数}}{\text{テンプレート形状モデル"1"の画素数}} \times 100 \quad \dots (1)$$

形状モデルベースパターンマッチングを利用し、以下のような手順で車両エッジの左右対称性を調べた(図 5参照)。

- ① まず車両検知領域の左半分を水平方向に n 等分し、最左端の領域を切り取る。切り取った画像領域を左右反転させる。
- ② 左右反転した画像から車両エッジのテンプレート形状モデル作成する。ここで、形状特徴点が指定の数

以上ある場合にのみ次の処理を行う。

- ③ 車両検知領域の右半分に対して形状モデルベースパターンマッチングを実行する。このとき、テンプレートの回転も考慮したマッチングを行う。
- ④ 合致率が所定の値以上の部分があれば左右対称なエッジが存在するとみなして車両と判定し、ない場合は車両と判定しない。

以上は基本的な処理手順であるが、②で形状モデルが作成できない場合や④で左右対称部分が検出できない場合は①に戻り、形状モデルを作成する領域を中央にずらし、左右対称部分が検出されるか、またはテンプレート形状モデルを作成する領域がなくなるまで、繰り返し処理を行うアルゴリズムとした。

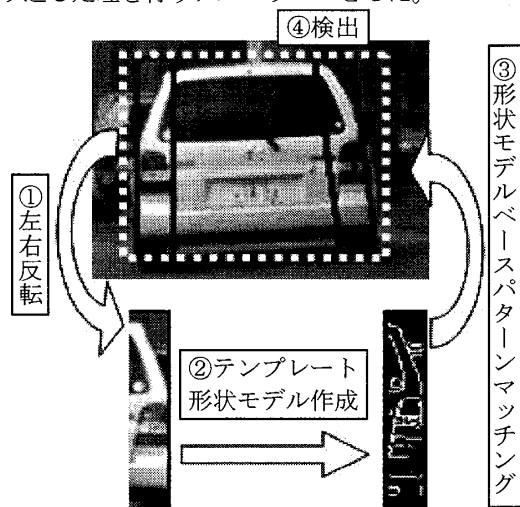


図5 車両エッジの左右対称部分の検出

4. まとめ

本研究では、単眼車載カメラ画像における前方車両の探索領域生成および車両背面の左右対称性に着目した検出方式を提案し、サンプル画像を基にした検証実験から有効性を確認した。要点をまとめると、

- ① テールランプに着目した方法では、車両背面の左右対称な赤色ランプが検出されれば車両と判定するアルゴリズムとした。赤色ランプが常時点灯されている夜間では、安定した検出が可能であるが、昼間の画像では基準とする色から外れる車両が存在した。
- ② 車両エッジに着目した方法では、車両背面の左右対称部分の検出に形状モデルベースパターンマッチングを適用した。車両の色に依存することなく、様々な車種に対応することができたが、カーブ等で左右対称性が崩れる場合では、検出が困難となる問題点がある。

以上の2つの方法を検討した結果、実用的には2つの方法を組み合わせ、それぞれの長所を活かした前方車両の検出方式が有効であるといえる。

参考文献

- [1] 中井宏章・前田賢一：危険を察知する車載画像処理技術、IPSJ Magazine Vol48、pp3-9(2007)
- [2] 株式会社リンクス画像システム事業部：HALCON 活用法、pp135-146、株式会社リンクス出版事業部 (2004)