

# 単眼車載カメラによる前方車両の検出

藤岡 明紘\*・寺田 佳和\*\*・栗栖 翔平\*\*・中村 靖\*\*

(平成22年10月29日受付)

## Detection Car Ahead Using an In-Vehicle Monocular Camera

Akihiro FUJIOKA, Yoshikazu TERADA, Shouhei KURISU and Yasushi NAKAMURA

(Received Oct. 29, 2010)

### Abstract

To support the car driver and to increase the traffic safety, development of the driver assistance system is an important subject. Especially development of the driver assistance system which combines an in-vehicle camera with image processing technology is an interesting subject.

In this paper we described a basic technology for the driver assistance system using in-vehicle camera, which detects the car ahead in the in-vehicle camera image. This paper presents following two algorithms.

- (1) Algorithm to generate search area for the car ahead, based on a virtual running space.
- (2) Algorithm to detect car ahead according to the density of horizontal edges in the image, and symmetry of vertical edges.

**Key Words:** car detection, monocular camera, image processing

## 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などの車載カメラの普及が進んでいる。そのため今後、車載カメラと画像認識技術を組み合わせた自動車運転支援システムが開発されていくと予想される。

自動車運転支援システムにおいて、前方車両の検知は最も重要な項目のひとつである。これを実現するための従来の研究として、主としてミリ波やレーザレーダを利用した方法や、ステレオカメラを利用するものがあるが、いくつかの問題を有している。ミリ波やレーザレーダを利用する方法は、視野角が狭いことがあげられ、ステレオカメラを利用する方法はカメラキャリブレーション精度の維持が難しいことや、2台のカメラを必要とすることでコスト面に大きく制約がかかる。

そこで本研究では単眼車載カメラをベースとした自動車運転支援方式を研究する。以下第2章で探索領域の生成方式、第3章でエッジ特徴に注目した前方車両検出方式を述べる。

## 2. 探索領域の生成

車載カメラから取り込んだ画像を全体にわたって処理をしていたのでは時間もかかり、誤検出も多くなる。前方走行車両を効果的に検出するために、前方車両探索領域の生成方法を明らかにする。

### 2.1 自車走行空間モデル

水平面を直進している自動車の走行空間は、図2.1のようにレーンライン(道路白線)で決まる幅(W)と車高から必要となる高さ(H)で決まる矩形を底辺とする四角柱

\* 広島工業大学情報システム科学専攻

\*\* 広島工業大学情報工学科

である。

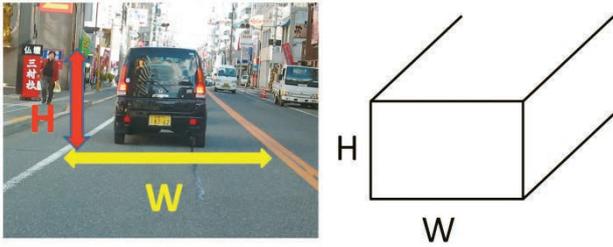


図 2.1 自動車の走行空間

この四角柱に図 2.2 のように座標系  $(x, y, z)$  を取り、この座標系がカメラ座標系になるようにカメラを設置する。カメラの画面座標系を  $(u, v)$  とする。カメラがピンホールカメラ系である場合には  $(x, y, z)$  と  $(u, v)$  の値は図 2.3 のような関係となる。

ただし  $f$  はカメラの焦点距離である。

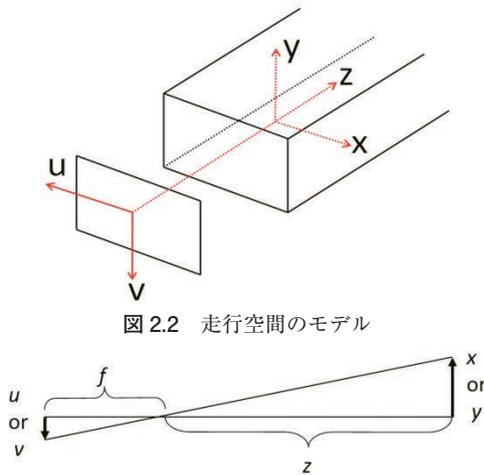


図 2.2 走行空間のモデル

図 2.3  $u, v$  と  $x, y, z$  の関係

よって次式 (2.1) が成立する。

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \frac{f}{z} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \dots\dots\dots \text{式 (2.1)}$$

走行空間の無限遠点 ( $z = \infty$ ) では式 (2.1) より  $u, v = 0$  となるから、車載カメラ画像上では自動車走行空間は四角錐として表される。この四角錐の頂点は消失点と呼ばれる。消失点が画面上の適切な点に来るようにカメラを調整すれば自動車走行空間は車載カメラ画像上では図 2.4 のように表される。

自動車が方向転換している場合、車輪の角度が  $\theta$  であるとするれば、自動車走行空間モデルの中心軸を  $\theta$  回転すること

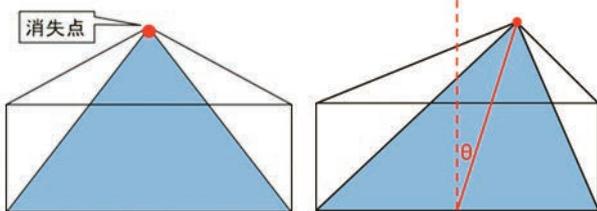


図 2.4 カメラ画像中の走行空間

図 2.5 消失点の移動

により、走行方向に適した走行空間モデルを生成することができる。これを図 2.5 に表す。

## 2.2 探索領域の生成方法

前方車両を探索すべき画像中の領域は、前述の自動車走行空間モデルの四角錐に内接する矩形の範囲である。

具体的には消失点から小さい探索矩形を発生させ前方車両が検出されるまで四角錐に沿って徐々に矩形を拡大させていく。この概念図を図 2.6 に示す。

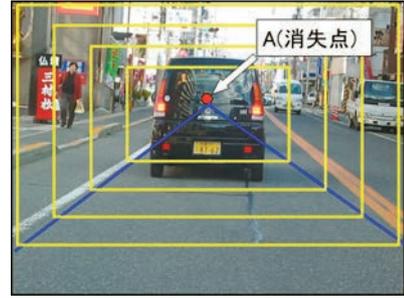


図 2.6 前方車両探索領域の生成例

## 3. エッジを用いた車両検出

前述で生成した探索領域から車両を検出する。車両の検出は以下 2 つのステップで行う。

- ① 水平エッジの密度による車両候補領域の検出
- ② 車両候補領域内の垂直エッジの左右対称性による前方車両の検出

### 3.1 水平エッジの密度による車両候補領域の検出

#### 3.1.1 車両に存在する水平エッジ

車両背面から水平エッジのみを抽出する処理を行い、表れたエッジの垂直射影を得る。一般には図 3.1 のように車両が存在する場所では射影出力に明確な塊が表れる。この特徴に注目して車両候補領域の検出を考える。

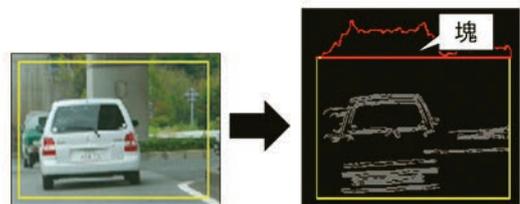


図 3.1 原画像からの水平エッジ垂直射影

画像中に車両が存在する場合と、存在しない場合で表れる水平エッジ量の比較実験を行った。

実験には①様々な種類(色, 車種)の車両を同じ距離(約 5 m)から撮影した画像 (1024 × 768pixel) 10 枚と、②車両が写っていない画像 (1024 × 768pixel) 10 枚を用いた。②には道路標識など水平エッジが発生しやすいオブジェクトを含む画像を加えている。

①に表れる水平エッジ, ②に表れる垂直エッジを抽出し, 垂直射影を得る。表れた塊の射影出力強度平均値, 面積値を表3.1に示す(値はpixel数)。

この結果を離散図で表すと図3.2となる。①は出力強度平均値, 面積値ともに高く, グラフの右上に集中していることがわかる。また②は道路標識など水平エッジが表れやすいものを除けば左下に集中している。出力強度値, 面積値に基準値を設ければ, 高い精度で車両候補領域を抽出することができるということを確認した。

表3.1 水平エッジ射影出力強度確認実験結果

①			②		
画像	出力強度平均値 (pixel数)	面積値 (pixel数)	画像	出力強度平均値 (pixel数)	面積値 (pixel数)
A	30	11094	a	25	1101
B	24	5300	b	30	4012
C	38	9029	c	20	9000
D	36	9026	d	0	20
E	24	6030	e	9	4498
F	23	5925	f	9	4065
G	22	4800	g	11	4808
H	40	10520	h	22	10771
I	22	5860	i	5	2133
J	38	9717	j	2	848

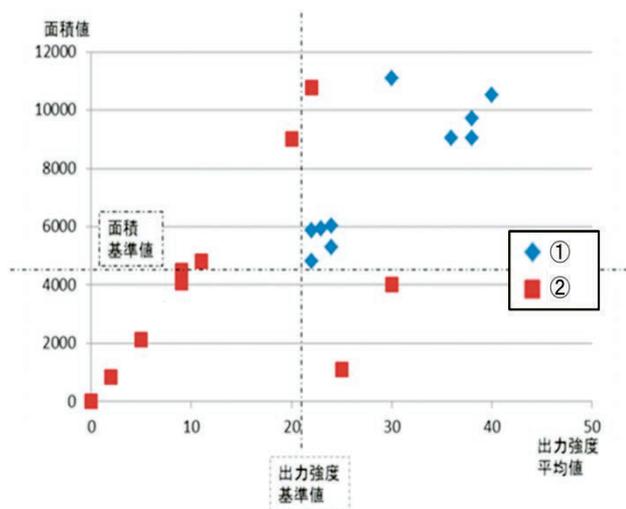


図3.2 実験結果離散図

### 3.1.2 車両とそれ以外とを分ける基準値の設定方式

車両候補領域を効果的に抽出する方法として, 射影出力強度に対する基準値  $V$  と面積に対する基準値  $S$  を設ける。射影出力強度が  $V$  以上となる抽出された塊の面積が  $S$  以上となった場合, 車両候補とする。これを図3.3に示す。

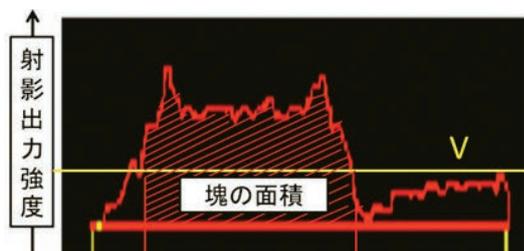


図3.3 射影出力強度が  $V$  以上をとる塊の面積

### 3.1.3 探索領域の大きさに伴う基準値の設定方式

一般には探索領域が小さい段階時に前方車両を検出できる場合は, 前方車両との車間距離が遠く, 車両が小さく写っている可能性が高い。そのため射影出力強度も低くなる。そこで基準値も探索領域の大きさに応じて変化させることで検出精度を高めることを考える。横幅  $W_0$  の基準となる探索領域を考え, その場合の射影出力強度に対するベース基準を  $V_0$ , 面積に対するベース基準値を  $S_0$  とする。

横幅  $W$  の任意の大きさの探索領域における車両検出基準値  $V, S$  は以下の式で求めることとした。

$$V = W/W_0 \times V_0 \dots\dots\dots \text{式 (3.1)}$$

$$S = W/W_0 \times S_0 \dots\dots\dots \text{式 (3.2)}$$

### 3.1.4 自転車走行空間と隣接走行空間との区別

探索領域が拡大されていくと, 隣接走行空間上の車両候補を検出してしまふ場合があり, 自転車走行空間上の車両候補か否かを判断する必要がある。射影出力の塊の中心点が図2.4の自転車線走行空間の四角錐内であるか否かにより判断する。

### 3.2 垂直エッジの左右対称性による前方車両検出

車両を後ろから見た場合, 車両の外部形状は図3.4のように一般に左右対称である。そこで車両候補領域内から垂直エッジのみを抽出し, 左右対称性を調べることで車両候補領域が車両であるか否かを判断する。左右対称の判定には形状モデルベースパターンマッチングを用いた。

エッジによる車両検出の基本的な概念について説明する。生成した車両候補領域の左半分を車両の形状モデルテンプレート作成領域とし, 右半部分をテンプレートマッチング対象領域とす



図3.4 車両の垂直エッジ画像例

る。左半分の領域から矩形を縦方向に3等分し切り取り, 切り取った領域を左右反転させテンプレートとする。このテンプレートを基に右半分の領域でパターンマッチングを行い, 車両候補領域での合致率を調べる。所定の値以上を



図3.5 エッジによる車両検出の概念

とる合致率の領域があれば左右対称な形状が存在すると言えるので、これを車両と判定する。以上の手順を図 3.5 に示す。

本研究ではマッチングの精度を上げるため、図 3.6 のようにテンプレートをさらに垂直方向に3等分し、それぞれ水平方向に対してマッチングを行う方式も検討した。この場合ひとつでもマッチングが成功すれば車両候補領域を車両と判定する。



図 3.6 微小区画マッチング

#### 4. まとめ

本研究では探索領域を生成する方式と車両エッジに着目した車両の検出方法を明らかにした。

前方車両検出はリアルタイム性が求められるものであり、探索領域を生成することで処理時間の効率化を図り、車両の検出にもエッジ特徴に注目する事で処理時間の速い

方法を提案した。

今後の課題としては、

- ① 多くの前方車両画像を収集し、検出率の評価
  - ② 夜間画像など、エッジが抽出されにくい場合のアルゴリズムの研究
- が挙げられる。

#### 5. 参考文献

- [1] 大塚裕史 他：“エッジペア特徴空間法を用いた車両検知技術の開発” VIEW2005 ビジョン技術の実用化ワークショップ講演論文集 pp160-165, 2005
- [2] 小野口一則：“複比と消失点に基づく重なり車両の検出” 信学技報 PRMU2007-230, 2008
- [3] 五十部宏幸, 中村 靖：“ナンバープレートの大きさに着目した単眼車載カメラによる自動車車間距離測定” 広島工業大学紀要 研究編 第42巻 pp255-260, 2008
- [4] 五十部宏幸, 中村 靖：“単眼車載カメラ画像を利用した自動車運転支援” 広島工業大学紀要 研究編 第43巻 pp317-322, 2009
- [5] 岸田, 小川, 手塚, 喜瀬：“車載カメラによる走行環境リスクの学習・認識アルゴリズムの開発(第2報)” 社団法人自動車技術会 学術講演会前刷集 No.58-09, 2009