

I-040

# ルームミラー装着式車内カメラの自動キャリブレーションと 運転者の頭部位置推定

Automatic Calibration of In-Vehicle Camera Attached to Rearview Mirror and  
Estimation of Driver's Head Position

猪井 光作†      黒木 修隆†      沼 昌宏†  
Kosaku Inoi      Nobutaka Kuroki      Masahiro Numa

## 1. まえがき

近年、車内向けカメラを用いた居眠り運転の検知やエアバッグの展開制御など、映像処理による安全運転の支援方法が研究されている [1]。車内を広く見渡せるルームミラー近辺はカメラの設置位置として有力な場所の一つであるが [2]、運転者がミラーを動かす度にカメラの姿勢パラメータを再計算（キャリブレーション）しなければならない点が問題である。そこで本稿では、カメラ映像中のリアウインドウの映り込み位置からそれ自身の設置角度を求めるとともに、ルームミラーの法線方向を求めることにより、頭部基準位置を推定する手法を提案する。本手法によりエアバッグの展開制御やシートポジションの自動調整などに不可欠な各種の情報を得ることができる。

## 2. リアウインドウ検出による自動キャリブレーションの原理

一般の車では、運転者がルームミラーを通してリアウインドウの後方を確認する。したがって、ルームミラーの位置からは、図 1 のように運転者およびリアウインドウが必ず見えることになる。カメラがルームミラーに連動して動く場合、映像中のリアウインドウの座標からカメラ自身の設置角度を求めることができる。

リアウインドウの検出アルゴリズムを図 2 に示す。まず、キャプチャした画像に対して魚眼補正を行う。魚眼補正後の画像から輪郭を抽出し、さらに動く物体の輪郭を除去する。さらにテンプレートマッチングによりリアウインドウの輪郭のみを残す。その後、Hough 変換による直線検出でリアウインドウのフレームを認識し、四隅の座標を求める。



図 1 カメラに映るリアウインドウの位置

大きさの制限において誤検出判定を行い、制限内にある場合、得られた座標をリアウインドウの座標として出力する。

## 3. キャリブレーション結果に基づく頭部基準座標算出の原理

運転者およびリアウインドウの位置関係は、ルームミラーを中心にみると図 3 のようになる。ルームミラーから運転者へ向かう直線とリアウインドウへ向かう直線は入射角と反射角の関係、すなわちルームミラーの法線に対して対

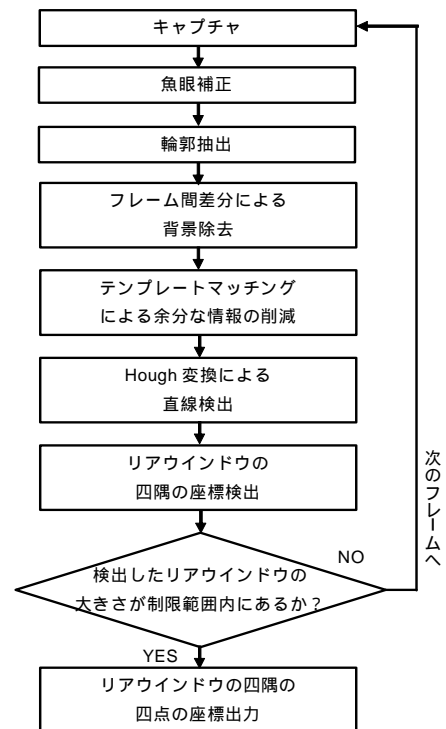


図 2 リアウインドウ検出アルゴリズム

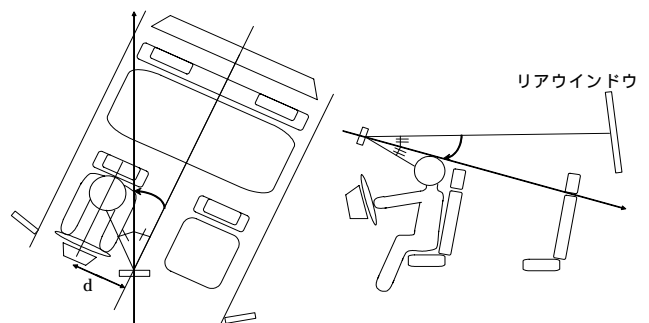


図 3 リアウインドウと運転者の位置関係

† 神戸大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kobe University.

表 1 検出誤差

被験者	(a) リアウインドウの中心の検出誤差 [pixel]	(b) カメラの設置角度の推定誤差 $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ [degree]	(c) 頭部基準座標の推定誤差 [cm]
A	2	-1, 1, 1	3.3
B	5	-2, 0, 0	2.4
C	7	-2, 3, 1	7.4
D	3	-1, 1, 0	6.5
E	5	0, 2, 0	5.0
F	5	-2, 0, 0	2.5
G	5	0, 2, 1	5.0
H	2	-1, 1, 0	3.3
I	3	-1, 1, 0	2.9
J	2	-1, 0, 0	1.4
K	5	0, 2, 1	5.4
L	3	1, 1, 0	2.6
M	2	0, 1, 1	2.8
N	3	-1, -1, 0	3.9
平均	3.6	1, 1, 1	3.9

称な関係になる。また、一般に運転者の頭部は体格に関係なくハンドルの中心を通る平面  $x = d$  の上にある。この 2 つの条件から頭部基準位置を計算できる。

本手法は運転者の頭部を直接検出するのではなく、ルームミラーの調整結果から間接的に頭部の基準座標を推定する。したがって、運転中の頭部の動きには影響されない点が特徴である。

## 4. 実験

### 4.1 実験環境および評価方法

ルームミラーに取り付けた赤外 CMOS カメラの映像を  $320 \times 240$  画素の形で PC に取り込み、PC 上で (a) リアウインドウの検出、(b) カメラの設置角度計算、および (c) 頭部基準座標の推定を行う。また、PC とは別に手作業で映像中のリアウインドウの座標を求め、これを正解座標として同様に (b) および (c) の計算を行う。両者の誤差を求めることにより、提案手法を評価する。

### 4.2 実験結果

PC による処理の様子を図 4 に示す。また、検出誤差を表 1 に示す。リアウインドウの中心の検出誤差は平均で 3.6 pixel となった。次に、カメラの角度の推定誤差は平均ではそれぞれの方向に 1 度となり、最も大きくずれたのは被験者 C のときで 3 度のずれとなった。最後に、頭部基準座標の推定誤差は平均で 39 mm となり、最大では 74 mm となった。

## 5. まとめ

本稿では車内向けカメラの自動キャリブレーション手法と頭部基準位置の推定手法を提案した。評価実験の結果、角度の誤差は最大 3 度、頭部基準座標の誤差は最大 74 mm 程度に抑えられることがわかった。

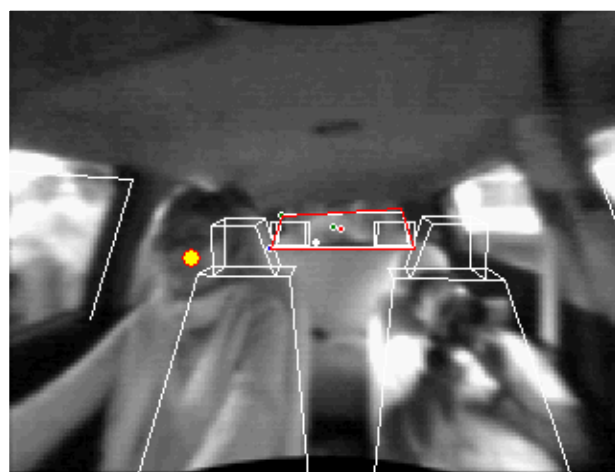
今後はリアウインドウだけでなく、車体フレーム全体を検出することにより、現在のシステムの検出精度を向上させるとともに、様々な運転者・車種・環境光に対するロバスト性を高めることが課題である。

## 謝辞

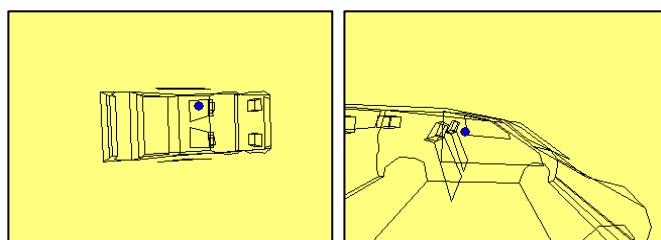
赤外線カメラシステムの設計・製作にあたり、ミカサ商事株式会社に謝意を表する。

## 参考文献

- [1] 小西晋平, 黒木修隆, 山根知之, 沼昌宏, 山本啓輔, “近赤外線パルス照明とステレオカメラを用いた運転手の頭部追跡手法,” 信学技報, ITS2005-19, pp. 19-23, 2005 年 9 月.
- [2] 井東道昌, 山本修身, 鳥山将司, 山本新, 森恵, “ルームミラー内臓撮影システムによるドライバの注視方向の検出,” 電気学会, vol. 126-E, no. 8, pp. 431-437, 2006 年 8 月.



(a) リアウインドウ検出の様子



(b) 頭部位置推定(上から)

(c) 頭部位置推定(横から)

図 4 頭部基準座標の推定