

車載カメラによる追い越し車両検出方式の検討

宮原 景泰 米山 昇吾 川又 武典

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

1. はじめに

現在、車載カメラの普及が進んでおり、特に、後退駐車を支援するリアカメラの搭載が著しい。この車載カメラを、センサとして用いることができれば、低コストで安全性を向上させることができる。

リアカメラを利用したセンシングアプリケーションとしては、後側方の追い越し車両をドライバーに警告する機能が考えられ、これを実現するための、リアカメラによる追い越し車両検出方式^{[1][2]}が提案されている。これは、カメラ画像から抽出した特徴点（コーナー部分などの追跡し易い点）のオプティカルフローで接近車両を検出するものであり、二輪車への適用も報告されている。一方、車載カメラ画像では、天候・照明条件・周辺車両の影響など、いろいろな阻害要因が存在するが、この検出性能に対する影響はあまり論じられてはいない。本稿では、一般道で収集したリアカメラ画像を用い、特徴点のオプティカルフローに基づく検出手法を適用した場合の、傾向・課題（環境条件の影響など）について検討した結果を報告する。

2. 適用手法

本検討に当たって適用した検出方式の概略フローを図 1 に示す。特徴点抽出と追跡は Kanade-Lucas-Tomasi (KLT) 法^[3]を用いた。

(1) 特徴点抽出

リアカメラの設置条件を既知として、左右の隣接車線に対応する領域を処理対象に設定し（図 2 の台形内）、この領域から特徴点を所定数抽出する。特徴点の抽出基準は、式(1)の行列Mの最小固有値 $\min(\lambda_1, \lambda_2)$ であり、処理対象の各画素を注目点として、この値を計算し、大きいものから順に特徴点とする。

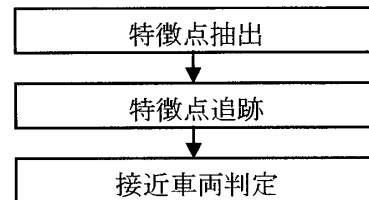


図 1 適用手法の概略フロー

$$M = \sum_{p \in W} \begin{pmatrix} I'_x(p)^2 & I'_x(p)I'_y(p) \\ I'_x(p)I'_y(p) & I'_y(p)^2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで、 $I'_x(p)$ と $I'_y(p)$ は、それぞれ時刻 t に取得した入力画像の画素 p における水平方向微分値、垂直方向微分値である。また、 W は注目点を中心とする局所領域の画素群を示す。行列 M の固有値は、 λ_1, λ_2 とする。

(2) 特徴点追跡

時刻 $t-1$ の入力画像における特徴点領域の画素 p は、時刻 t では画素 $(p+d)$ に移動すると見なし、この移動ベクトル d をオプティカルフローとして抽出する。式 2 の誤差 ε を最小にするベクトル d を、式 3 から求める。

$$\varepsilon = \sum_{p \in W} (I'(p+d) - I^{t-1}(p))^2 \quad (2)$$

$$d = M^{-1} \sum_{p \in W} \left\{ (I^{t-1}(p) - I^t(p)) \begin{pmatrix} I'_x(p) \\ I'_y(p) \end{pmatrix} \right\} \quad (3)$$

ここで、 $I^t(p)$ は、時刻 t に取得した入力画像の画素 p の値である。

(3) 接近車両判定

後方接近車両の可能性のあるオプティカルフローを、移動方向・大きさに基づいて選択し、画像中の一定範囲に所定数以上の選択フローがあれば、これを接近車両の候補とする。そして、所定時間内に複数回出現する候補を、接近（追い越し）車両として検出する。図 2 の右上が検出例である。

A Study on Passing Vehicle Detection Using a Rear Monitor Camera

Kageyasu Miyahara, Shogo Yoneyama, Takenori Kawamata
Information Technology R&D Center
Mitsubishi Electric Corporation

特徴点抽出対象領域



図 2 特徴点抽出対象領域と追越車両検出の例

3. 評価

市販のリアカメラを車両に装着し、一般道を走行して取得した画像を対象に評価を実施した。

3. 1 評価データ

カメラ仕様・設置条件を表 1 に示す。取得画像は、カメラの NTSC 信号を 30 フレーム/秒でキャプチャした 720×480 画素のものである。このうち、後方から車両（二輪車を含む）に追い抜かれる 331 シーンを抽出し、評価データとした。

表 1 カメラの仕様・設置条件

撮像素子	1/4型カラーCCD
有効画素数	約 27万画素
画角	水平130度、垂直96度
設置高さ	約 1m
俯角	約 30度

3. 2 評価結果

評価データに対して 2 章の手法を適用した結果を、自車が走行中のケースと停止しているケースの 2 種類に分け、表 2 及び表 3 に示す。各表では、検出対象車両、時間帯、天候の別に、集計している。傾向を以下にまとめる。

- (1) 全体的に走行時の方が停止時よりも検出率が高い。停止時の下記要因が影響している。
 - ・真後ろの車両が車間を詰めて視野が狭くなる
 - ・周辺の風景がぶれず、走行車両以外のところに特徴点が発生し易い
- (2) 二輪車は四輪車よりも検出が不安定で、環境条件の影響を受け易い（特に小さい車体）
- (3) 夜間も検出可能だが、ヘッドライトのハレーションや、露光時間増大に伴うぶれが影響し、検出は不安定になる。特に雨天時は、検出位置は近接範囲に限定される（例：図 3）

表 2 検出結果（自車走行時）

対象車両	時間帯	天候	シーン数	検出数	検出率
四輪車	昼間・夕方	晴れ・曇り	52	52	100.0%
		雨	35	34	97.1%
	夜間	晴れ・曇り	27	27	100.0%
		雨	3	3	100.0%
二輪車	昼間・夕方	晴れ・曇り	22	22	100.0%
		雨	3	2	66.7%
	夜間	晴れ・曇り	1	1	100.0%
		雨	0	0	-

表 3 検出結果（自車停止時）

対象車両	時間帯	天候	シーン数	検出数	検出率
四輪車	昼間・夕方	晴れ・曇り	52	47	90.4%
		雨	52	44	84.6%
	夜間	晴れ・曇り	22	19	86.4%
		雨	9	9	100.0%
二輪車	昼間・夕方	晴れ・曇り	40	30	75.0%
		雨	8	4	50.0%
	夜間	晴れ・曇り	0	0	-
		雨	5	3	60.0%

検出した車両のフロー



図 3 夜間・雨天時の検出例

4. おわりに

オプティカルフローに基づく追い越し車両検出について、環境条件の影響・傾向を確認した。実用上は、検出位置（距離）など、他の基準も考慮する必要があり、これら実用化に向けた検討を今後進めて行く予定である。

参考文献

- [1] 秋田ほか, 後方モニタカメラを利用した後側方接近車警告システムの開発, 自動車技術会春季学術講演会前刷集, pp. 9-12 (2007)
- [2] 高橋ほか, 車両死角監視を目的としたバックカメラ映像からの追い越し車両検知, 第 13 回画像センシングシンポジウム予稿集, IN4-11 (2007)
- [3] J. Shi ほか, Good Features to Track, CVPR'94, pp. 593-600 (1994)