

H-018

単眼ノーズビューカメラを用いた車載向け側方接近物検知の開発

Approaching Objects Detection Using Monocular Noseview Cameras

清原 将裕* 加藤 賢治** 川野 羊三** 村松 彰二十 内田 吉孝†
 Masahiro KIYOHARA* Kenji KATO** Yozo KAWANO** Shoji MURAMATSU† Yoshitaka UCHIDA†

1. 背景

交通事故による死者数は近年減少傾向にあり、平成20年は過去最悪であった昭和45年の3分の1以下である5155人にまで減少した。更なる交通事故の低減を目指して、今後10年間で交通事故死者数を更に半減し、世界一安全な道路交通の実現を目指す方針が2009年1月に政府から示された[1]。

一方、死亡事故全体のうち車両相互の事故が46%を占めており、この車両相互の事故のうち38.7%が出会い頭衝突となっている。この出会い頭の事故を低減することができれば、死亡事故の低減に効果が高い。出会い頭の事故を防止するため、車両先端に自車側方を観測するカメラを設置し、見通しの悪い交差点への進入時における死角を減らすノーズビューカメラ(図1)が実用化されている[2]。

ドライバの目視確認のみならず、画像認識により接近車両を検知し映像や音声で発報することで、見落としを減らすことができる。本研究の目的は、ノーズビューカメラ映像を用いて、画像認識により自車側方から接近する歩行者・二輪車・自動車などの移動体を検出して、ドライバへの注意喚起するシステムを構築することである。

2. システム構成

本研究で想定している側方接近物検知システムの構成を図2, 3に示す。

ドライバの視点より前方に設置されたノーズビューカメラにより、左右の交差道路の状況を撮影した映像は、画像処理装置を搭載した車載用ECU(Electronic Control Unit)に入力され、処理結果をカーナビゲーションシステムの画面に表示する。

3. 側方接近物検知アルゴリズム

3.1 概要

車載カメラを用いた車両検知に関して、様々な手法が提案されており、パターン認識に基づく手法[3]と、動き検出に基づく手法[4]とに大別できる。[3]は車両の形状特徴であるエッジペアを抽出し、その後テンプレートマッチングを行うことで認識する手法であるが、車両を斜め

方向から観測する場合など見かけの変形が大きい時には認識が難しくなる。

一方、[4]は原画像に対してLucas-Kanadeのコーナー検出により特徴点を求め、特徴点周囲に関してオプティカルフローを計算する。その後、特徴点重心のカメラ視野における移動量を算出することで、移動体が自車進路経路上を横切るまでの時間(TTC=Time To Crossing)を求める。しかしながら、この手法は自車と並走する車両の誤検知を除去できない問題がある。

そこで移動体の接近時に画像中の見かけの大きさが変化することに着目し、移動体の動きと画像の拡大率を算出することにより、並走車による誤検知を抑制して、接近車のみを検出するシステムを開発した。



図1:ノーズビューカメラ

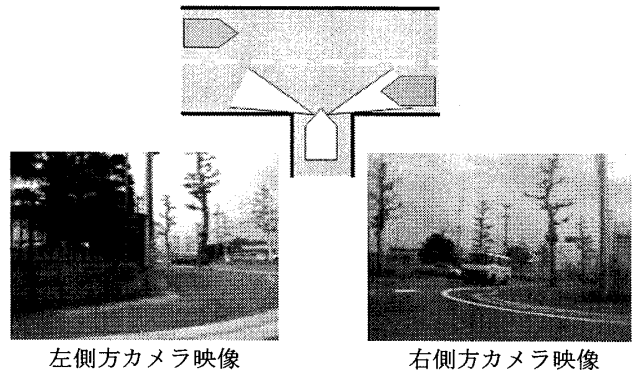


図2:動作シーン

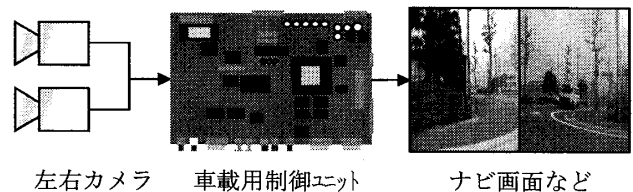


図3:側方接近物検知システムイメージ

* 株式会社日立製作所 日立研究所 スマートシステム研究部 Hitachi, Ltd. Hitachi Research Laboratory, Department of Smart Systems Research

** 株式会社日立アドバンスデジタル デジタルソリューション本部 Hitachi Advanced Digital, Inc. Digital Solutions Division

† クラリオン株式会社 技術開発本部 Clarion Co., Ltd. R&D Division

我々が提案する手法を以下に述べる。車両フロントバンパに設置したノーズビューカメラの光軸を、自車進行方向に対して直角、路面に対して水平に向けて得られた画像に対し、各点毎にオプティカルフローを計算して、画像内で見かけ上移動している領域と移動量を抽出する。抽出された移動領域を拡大および縮小し、対応する過去の画像領域との相関値をそれぞれ計算することで拡大率を算出する。連続する画像間での拡大率から接近しているか否かを判定する(図4)

これにより、自車が移動中であっても接近物のみを安定して検知でき、並走車や環境変動による誤検知を低減できるようになった。

3.2 移動領域の抽出

移動領域の抽出は、オプティカルフロー法による動きベクトルの算出と、クラスタリングによる動きベクトルの整形により実現している。

オプティカルフロー法は、移動領域を密に求めるため、7x7[pixel]の小ブロックを互いに重複するよう配置し、各ブロック近傍を探索範囲とし、差分絶対値の総和(SAD=Sum of Absolute Differences)を評価値としたブロックマッチング法を採用した。時刻における画像を I_t, I_{t-1} とすると、各点における移動量 $f(x, y)$ を次式で求められる。

$$f(x, y) = \min_{u, v} \arg \sum_{-3 \leq i, j \leq 3} \left| I_t(x+i, y+j) - I_{t-1}(x+u+i, y+v+j) \right|$$

このままでは多くの誤マッチングが残るため、特徴量の少ない部位のフローを抑制することで、移動領域を抽出する(図5)。

3.3 車両領域の切り出し

前節で求めたオプティカルフロー法による移動領域は、必ずしも車両領域と一致していない。すなわち、①フロントガラスや車体への環境光の映り込みによりフロー算出を誤る、②車両の見かけの変形によりフロー算出を誤る、③車両の移動に伴う背景のオクルージョンにより境界付近のフローが不定となる、という要因により、オプティカルフロー法のみによって車両領域を正確に抽出することはできない。

このため、動きベクトルの外接領域を車両領域として扱う(①に対応)、一定割合の異なる向きのフローを許容する(②に対応)、抽出された移動領域の大きさおよび自車との相対位置に応じて外周部を切り捨てる(③に対応)ことで、オプティカルフローの動きベクトルをクラスタリングし、車両領域として扱う。

こうして抽出された車両領域の拡大率を算出することで、画像中で移動する車両が接近しているか否かを判別する。

3.4 車両領域の拡大率算出

入力された動画像中から切り出された車両領域を比較し、時刻(t-m)から時刻tの間のパターンの拡大率を算出す

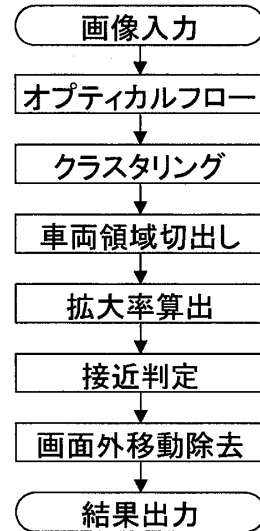


図4: 側方接近物検知の処理フロー

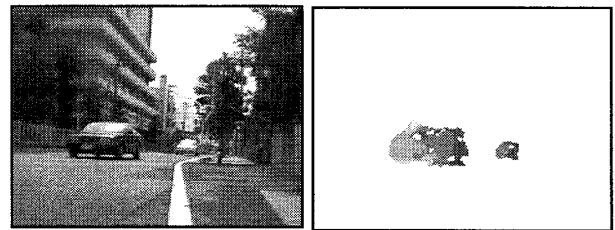


図5: 移動領域の抽出

(左:入力画像, 右:移動領域の抽出結果)

	66msec 前	133msec 前	200msec 前
x1.0	0.914	0.825	0.775
x0.9	0.967	0.918	0.974
x1.1	0.603	0.544	0.510
	93%	90%	65%

図6: パターン拡大率の算出

(左:比較画像, 右:相関係数, 下:拡大率)

る。すなわちパターンが拡大していれば接近車両であると判定でき、逆に縮小していれば遠ざかる車両であると判定できる。(図6)

パターンの拡大率は以下のように算出した。

- (1) 時刻(t-m)の画像を0.9倍, 1.0倍, 1.1倍に伸縮した画像を生成する。
- (2) これらの画像と時刻(t)画像との相関係数を算出する。
- (3) 各倍率の画像に対する相関係数を用いて 拡大率を算出する。

画像の伸縮は、後段の相関係数算出への影響を減らすため、バイリニア補間を用いて伸縮した後、Gaussian フィルタを適用して平滑化する。

屋外環境においては日照条件の変化やカメラの自動露光調整により画像全体の明度変化が起こるため、正規化相関法を用いて相関係数を算出する。正規化相関法は、入力画像 $f(x, y)$ 中で参照画像 g の正規化相関係数 R が最大になる座標 (x, y) を探索する手法である。なお、参照画像のサイズを $p \times q$ [pixel], \bar{f}, \bar{g} を入力画像および参照画像の平均輝度値とする。

$R(x, y)$

$$= \sum_u^p \sum_v^q \{f(x+u, y+v) - \bar{f}\} \{g(u, v) - \bar{g}\} \cdot \left(\sum_u^p \sum_v^q \{f(x+u, y+v) - \bar{f}\}^2 \cdot \sum_u^p \sum_v^q \{g(u, v) - \bar{g}\}^2 \right)^{-1/2}$$

離散的な拡大率の画像に対する相関値から連続的な拡大率を求めるため、パラボラフィッティング法を用いた。0.9 倍、1.0 倍、1.1 倍の各正規化相関係数 $R_{0.9}$, $R_{1.0}$, $R_{1.1}$ とすると、拡大率 D は次式で計算できる。

$$D = \frac{R_{0.9}(1.0^2 - 1.1^2) + R_{1.0}(1.1^2 - 0.9^2) + R_{1.1}(0.9^2 - 1.0^2)}{2\{R_{0.9}(1.0 - 1.1) + R_{1.0}(1.1 - 0.9) + R_{1.1}(0.9 - 1.0)\}}$$

3.5 後処理

車両が画面から抜ける瞬間は、画像間の対応オプティカルフローの探索が不安定になるため、接近判定の誤判定が起きやすい(図6)。このため、車両領域の位置とサイズから画面外退出を判定し、接近判定の出力を抑制することとした。

4. 実験結果

4.1 装置構成

車載用画像認識 SoC(System on Chip)である(株)ルネサスエレクトロニクス製 SH-7774 の評価ボードの上に実装した。SH-7774 は 600MHz の SH4 コアと 150MHz の画像認識エンジンを搭載した組込向けプラットフォームである。

左右 2 台のノーズビューカメラからの映像を取得し、SH-7774 用にカスタマイズしたオプティカルフローベースの移動物体検知と、正規化相関ベースの接近判定処理を行い、最大でも 45msec 以内の処理時間に収まることを確認した(図7)。

4.2 結果

自車の移動、道路勾配、街路樹等の遮蔽物、天候、時間帯、移動体のバリエーションなどを考慮した 110 のシチュエーションにおいて評価を行い、検知率 80.7%、誤検知率 5.2%を得た。



図 6: 画面外に消える車両 (左端)

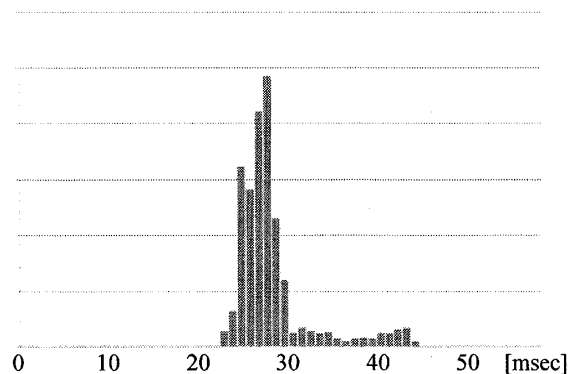


図 7: 処理時間分布

5. 結論

5.1 考察

- ・組み込み用小型画像処理装置を利用して、実時間で動作するノーズビューカメラによる側方接近車検知システムを開発した。
- ・動き検知と画像拡大率計算とを併用することで、並走車による誤検知を低減して、接近車の検知が可能となった。
- ・正規化相関をもちいることで、日照条件等の環境変動に頑健な接近判定が可能となった。

5.2 まとめ

組込用小型画像処理装置を用いて、実時間で動作する側方接近車検知システムを開発した。動き検知と画像拡大率計算とを併用することで、並走車による誤検知を低減して、接近車の検知が可能となった。実運用環境を想定した 110 シチュエーションにおいて評価を行い、検知率 80.7%、誤検知率 5.2%を得た。

参考文献

- [1] 平成 21 年 交通安全白書, http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h21kou_haku/index_pdf.html
- [2] クラリオン株式会社 ニュースリリース, http://www.clarion.com/jp/ja/newsrelease/index_2003/030522_01
- [3] 大塚, 村松, 門司, “エッジペア特徴空間射影法を用いた車両検知技術の開発”, ViEW2005 (ビジョン技術の実利用ワークショップ講演論文集), pp.160--165 (2005/12)
- [4] 前村, 笹根, 谷内, 上南, “車載ノーズビューカメラによる移動物体検出システム”, 自動車技術会春季学術講演会, No. 56--07, pp.11--14(2007/5)
- [5] 清原, 村松, 川野, 加藤, 内田, “単眼ノーズビューカメラを用いたオプティカルフロー法による車載向け側方接近物検知”, ViEW2009 (2009/12)
- [6] S. Muramatsu, et al. : Automotive Vision Platform Equipped with Dedicated Image Processor for Multiple Application, SAE2004-01-0179 (2004/3)



バイクを検出している例

補足

認識結果例



見通しの良い道路での検知例



並走車両を認識し, 非発報とした例



車両の一部(上端)のみを検出している例



遮蔽物の存在する環境下で遠ざかる車両を認識し, 非発報とした例