

過去の車載カメラ映像との差分による前方車両の検出

Detection of a Forward Vehicle by Subtraction between Present and Past In-Vehicle Camera

久徳 遙矢* 高橋 友和** 井手 一郎* 目加田 慶人*** 村瀬 洋*
Haruya KYUTOKU Tomokazu TAKAHASHI Ichiro IDE Yoshito MEKADA Hiroshi MURASE

1. はじめに

近年、自動車における運転者支援システムの研究や実用化が盛んに行われている。その支援の方法も様々であるが、本講演では汎用性の高い車載カメラを用いて自車から見た前方の車両を検出する手法を提案する。

従来のステレオ視による車両検出では、カメラの較正が困難であるなどの問題点がある。また形状に着目する手法では、学習時に存在しない形状の車両検出は困難である。それに対し本手法では、固有の形状を使わずに前方車両の検出を行なう。この際、同一地点における過去の走行映像と位置合わせを行った後に、フレーム間の水平方向のエッジ特徴の局所的な差に基づいて検出する。

2. 提案手法

本研究では、過去の走行映像と現在の走行映像との差分をとることにより前方車両を検出する。その初期的な検討として、片側1車線の道路を対象とする。

提案手法は図1のように前処理と車両検出の2つに大きく分けられる。まず前処理として、比較の単位となる窓をフレーム内に作成する。はじめに、過去の走行映像と現在の走行映像との走行速度の違いによる映像の時間方向の伸縮を考慮し、フレーム単位での対応付けを行なう。この対応付けには既存手法[1][2]を用いる。そして、対応付いたフレーム間での車両位置のずれの影響を考慮して平行移動による画像内の位置合わせを行った後、比較の単位となる対応窓を作成する。以上の前処理の後、水平方向のエッジ特徴を用いて対応窓間の差分をとり、車両が映っていると思われる検出候補窓を抽出する。更に、検出候補窓を対応窓周辺探索によって絞り込み、検出の精度向上を図る。

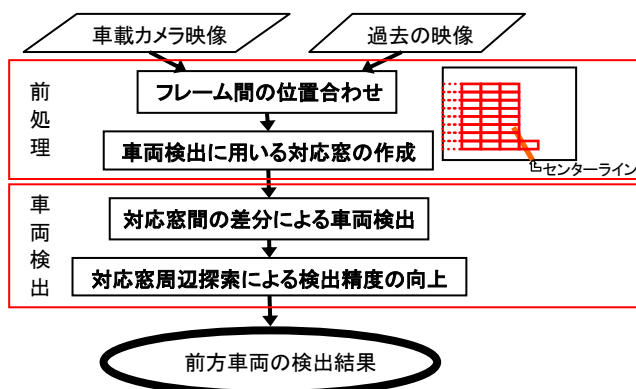


図1 処理の流れ

*名古屋大学 大学院情報科学研究科 Graduate School of Information Science, Nagoya University

**岐阜聖徳学園大学 経済情報学部 Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen University

***中京大学 情報理工学部 Department of Information System Technology, Chukyo University

2.1 フレーム間の位置合わせ

時間方向に対応付けられたフレーム間には、走行位置・向きなどの違いによる見えのずれが存在する。そこで、正規化相関を用いてフレーム同士のずらし照合を行い、相関の高い位置での重複領域を後の処理対象領域とする。図2にその概念図を示す。

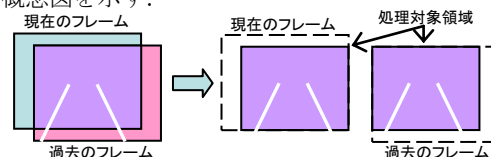


図2 フレーム間の位置合わせ

2.2 車両検出に用いる対応窓の作成

フレーム間の比較は、窓単位で行なう。その際、自車走行車線の反対側の街並は走行位置の微妙な違いによるフレーム間の見えの違いが大きいため、センターラインを検出し、これより右側を検出対象領域外とする。また、フレーム下端や上端には車両が映る可能性が低いいため、検出対象領域から外す。更に、片側1車線を仮定しているため、画面左端には回避行動のみ車両が映ると考えられるので、回避行動中以外は検出対象領域から外す。回避行動の判定にはセンターラインの位置情報を用いた。こうして残った検出対象領域を、図1の前処理の図のように格子状に切り出し、対応窓とする。

2.3 対応窓間の差分による車両検出

本研究では、対応窓間の差分をとる際の指標として、画像中の車両に多く現れる水平方向のエッジ情報を用いる。具体的には、車両の傾きなどを考慮し、多少の傾きを許容して水平方向のエッジを抽出し、その本数と最大長に基づく特徴を抽出する。そして、その特徴を用いて対応窓間の比較を行ない、閾値以上の差があればその窓には車両が映っている候補として検出する。その際、遠方の車両ほど小さく映り、手前に映っている車両ほど大きく映るため、閾値はフレーム中の消失点からの距離に応じて変動させる。

2.4 対応窓周辺探索による検出精度の向上

2.1における位置合わせには局所的なずれが存在し、それによって同じエッジが片方の窓にしか映らないといった状況が生じる。そこで、2.3で検出候補とされた対応窓同士の正規化相関を用いてその周辺でずらし照合し、相関が高い場合には検出候補から外す。その際、もし路上駐車車両などの回避行動中であれば、対応窓の見えのずれが大きいため、フレームの端ほどずれが大きくなり、相関が低くなる。そこで、正規化相関の閾値は、回避行動の有無と対象窓のフレーム内での位置により変動させる。

3. 実験

実際の車載カメラ映像を用いて実験を行い、本手法の有効性を調査した。実験にはカメラ映像（640×480 pixel）2系列を、時間方向に人手で対応付けて1データセットとして使用する。本実験では、曇天時のデータセットと晴天時のデータセットを用意した。また、実験中使用した各閾値は、別の曇天時のデータセットを用いて決定した。評価には適合率と再現率を用いた。それらは、 C を正解数、 R を出力結果の適合数、 N を出力結果の総数とした際、適合率 $=R/N$ 、再現率 $=R/C$ で表される。適合率が高いと誤検出が少なく、再現率が高いと見落としが少ないことになる。本実験では C はフレーム中の車両1台につき1として数えた。そのため、 R や N は1つの車両に対し複数の窓が検出されていても1として数え、誤検出は窓1つにつき1と数えた。

3.1 単純な手法との比較実験

本手法では窓間の差分に水平方向のエッジの本数と最大長を用いる。その有効性を確認するため、窓間の比較に正規化相関、ヒストグラムインタセクション（以下、H. I.）を用いた手法との比較実験を行なった。この実験では、2.4で述べた処理は行なわない。各特徴に対して R が同程度となったときの、曇天時のデータセットの実験結果を表1に、晴天時のデータセットの実験結果を表2に示す。

表1 曇天時のデータセットによる結果

特徴	C	R	N	適合率	再現率
正規化相関	68	48	291	0.17	0.71
H. I.	68	45	220	0.21	0.66
本数	68	46	56	0.82	0.68
最大長	68	45	69	0.65	0.66

表2 晴天時のデータセットによる結果

特徴	C	R	N	適合率	再現率
正規化相関	68	18	121	0.15	0.60
H. I.	68	17	49	0.35	0.57
本数	68	19	36	0.53	0.63
最大長	68	17	48	0.35	0.57

表1, 2より、本手法で用いた水平方向のエッジ特徴の車両検出に対する有効性が確認された。今後の実験では、エッジの本数を用いた場合と最大長を用いた場合の検出結果の論理和を車両検出に用いる。

また表2より、晴天時には検出精度の低下が確認された。これは、影によるエッジの誤検出や、コントラストが高いことによりエッジが上手く抽出できなかつたことによると思われる。図3に晴天時の映像例を示す。エッジとして検出されそうな影が明瞭であり、また、全体のコントラストが高いために影内の車両が見えにくいことがわかる。

3.2 対応窓周辺探索の有効性に関する実験

2.4で述べた対応窓周辺探索の有効性を確認する実験を行なった。曇天時のデータセットにおける対応窓周辺探索を用いない場合と用いる場合の結果を表3に示す。表3より、対応窓周辺探索によって再現率を下げずに適合率の向上が図られることを確認した。

最終的な検出結果の例を図4に示す。左が現在の走行映像、右が過去の走行映像である。大きな枠内が2.1により

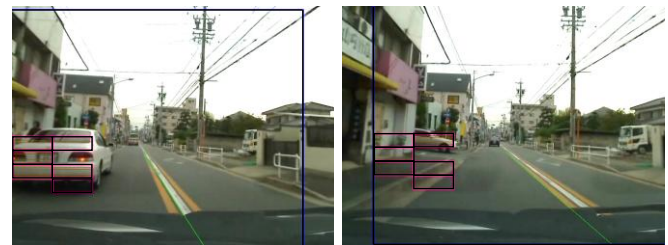
設定された処理対象領域、小さな枠が車両として検出された領域を示す。路上駐車車両を避けているため、見えのずれが大きいかかわらず、現在の走行映像の車両部分を検出できた。



図3 晴天時の映像例

表3 周辺探索の有効性

周辺探索	C	R	N	適合率	再現率
無	68	67	112	0.60	0.99
有	68	67	80	0.84	0.99



現在の映像

過去の映像

図4 最終的な検出結果の例

4. おわりに

本講演では、単眼の車載カメラを用い、過去の映像と現在の映像との差分による前方車両の検出手法を提案した。実験の結果、過去の映像を用いることで、水平方向のエッジ特徴という単純な特徴で前方車両を検出できることを確認した。しかし、晴天時には検出精度が低下したため、エッジ特徴の抽出方法などを検討する必要がある。

また、窓の検出位置の時間的な連続性の情報を利用することにより、誤検出を抑制することも可能であると考えられる。しかしその場合、検出漏れが増加すると予想されるため、どちらを優先するかはアプリケーションに依存すると考える。

謝辞

日頃より熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏に感謝する。本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金による。本研究では、画像処理にMISTライブラリ (<http://mist.suenaga.m.is.nagoya-u.ac.jp/>)を使用した。

参考文献

- [1] 佐藤准嗣, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, “GPS座標付き全方位映像群からの市街地映像マップの構築と街並変化の検出”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J90-D, No.4, pp.1085-1095, Apr. 2007
- [2] 山野芳樹, “モバイルマッピングシステムによる道路空間データ収集手法の開発”, APA, no.77-1, (財)日本測量調査技術協会, Nov. 2000.