

# 拡張 Census Transform を用いた道路面経時差分による 車載カメラ映像からの障害物検出

久徳 遙矢<sup>1,a)</sup> 出口 大輔<sup>2</sup> 高橋 友和<sup>3</sup> 目加田 慶人<sup>4</sup> 井手 一郎<sup>1</sup> 村瀬 洋<sup>1</sup>

## 1. 背景と目的

近年、運転者支援システムの研究および実用化が盛んであり、その中でも、車載カメラを用いた前方障害物検出が注目されている。車載カメラ映像からの前方障害物検出に関する従来の研究や製品の多くは、検出対象を予め限定している [1]。これに対し我々は、過去の走行映像と現在の走行映像との比較に基づき、検出対象を限定することなく前方障害物を検出する手法を提案してきた [2]。文献 [2] では、過去に撮られた映像と走行中の映像間の照明変化に頑健な差分特徴量を提案した。しかし、文献 [2] では照明変化に対する評価が十分にできていなかった。そこで本稿では、様々な天候下で撮られた照明変化の大きい映像で評価を行なった結果について報告する。

## 2. フレーム間の差分に基づく障害物検出

本節では、我々が文献 [2] で提案した障害物検出手法の流れについて簡単に述べる。

この手法は、フレーム間の差分を用いて障害物を検出する。その際、現在と過去の走行映像間に存在する、進行方向のずれ・車線内での走行位置のずれ・照明変化による見えの違いが問題となる。そこで、次に述べる処理によりこれらの問題を解決する。

### 2.1 現在と過去のフレームの対応付け

同じ道路で取得された映像同士であっても、異なる時刻に撮影された映像であるため、車線内での走行位置が違い、見えが異なる。そこで、走行位置の違いによる見えの変化に頑健なフレーム間対応付け手法を用い、現在の走行映像と過去の走行映像の各フレームを対応付ける [3]。

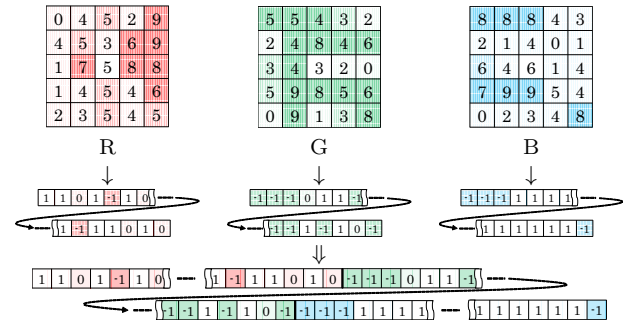


図 1 拡張 Census Transform によるベクトル算出例  
( $N = 2$  and  $\beta = 0$ )

### 2.2 道路平面の位置合わせ

2.1 節によるフレームの対応付けのみでは、車線内での走行位置のずれによる見えの違いが存在する。そこで、道路上の白線と 2 画像間の基礎行列を用い、射影変換によって道路平面の位置合わせを行なう。

### 2.3 差分による検出

2.1 節、2.2 節で述べた処理により、現在と過去の映像間の、進行方向および走行位置の違いを吸収することができる。しかしこれらの画像は、照明条件の違いによって見えが大きく異なる可能性がある。そこで、輝度値の大小関係を符号化する Census Transform [4] を拡張した、照明変化に頑健な特徴を用いて差分を求める。

Census Transform では、各画素とその周辺  $(2N + 1) \times (2N + 1)$  画素の輝度値の大小関係を 2 値で表現する。しかし、差分を求める対象となる道路面の輝度値は単調であり、大小関係が安定しない。そこで、次式のように輝度差が  $\beta$  以下であるという条件を加えた 3 値で表現し、この問題を解決する。

$$C(x, y, i, j) = \begin{cases} 1 & I(x, y) > I(x + i, y + j) + \beta \\ -1 & I(x, y) < I(x + i, y + j) - \beta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $-N \leq i \leq N$ ,  $-N \leq j \leq N$  である ( $i = j = 0$  を除く)。  $I(x, y)$  は注目画素値、 $\beta$  は輝度差に対するしきい値である。各注目画素に対して  $i, j$  を変化させて式 (1) を計

<sup>1</sup> 名古屋大学 大学院情報科学研究科 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

<sup>2</sup> 名古屋大学 情報連携統括本部 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

<sup>3</sup> 岐阜聖徳学園大学 経済情報学部 〒500-8288 岐阜県岐阜市中鶯 1-38

<sup>4</sup> 中京大学 情報理工学部 〒470-0393 愛知県豊田市海津町床立 101

a) kyutoku@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

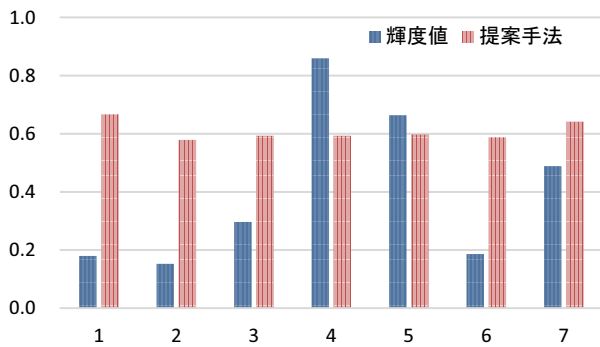


図 2 各手法における検出率

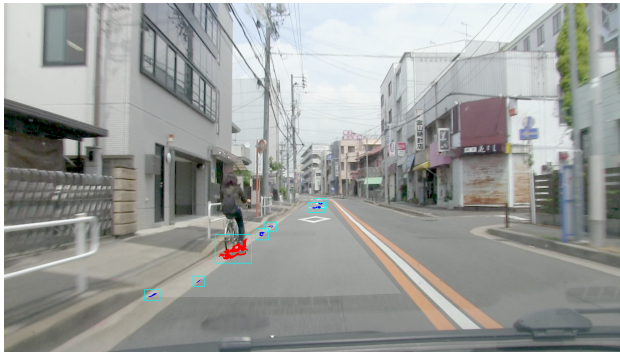


図 3 検出結果例 (赤:正検出, 青:誤検出)

算し、その値を並べたベクトルを求める。この操作を RGB の各要素それぞれに対して行ない、得られたそれぞれのベクトルを連結したものを最終的な特徴量とする。  $N = 2$ ,  $\beta = 0$  のときの各画素の特徴ベクトルの算出手順を図 1 に示す。最後に、対応する画素の特徴ベクトルの各要素の差の絶対値の和を算出し、その値がしきい値以上であれば障害物として検出する。

### 3. 実験

#### 3.1 実験概要

本実験では、同じ道路で撮影した 8 系列の映像を用いた。各映像は  $1920 \times 1080$  画素、23.98fps である。その内、日中晴天下で撮影した自転車や自動車を障害物として含む系列を現在の映像とし、残りの日中曇天 3 系列、早朝晴天 3 系列、日中晴天 1 系列の計 7 系列を過去の映像とした。また、対応する過去のフレームに障害物が映っていないフレームのみを精度評価に用いた。評価には、障害物の検出率を用いた。今回の実験では、文献 [2] の時系列処理は行わず、各フレーム対のみでの検出率を評価した。また、各画素の差異に輝度値の差の絶対値を用いて検出する手法を比較手法とし、全 7 系列対における検出率が近いしきい値において比較を行なった。

#### 3.2 結果および考察

各手法における各系列対の検出結果の検出率を図 2 に示す。グラフから、提案手法はどのような照明下の系列を過去の映像として用いても安定しているのに対し、輝度値に

よる差分では用いる系列によって検出率に大きな差異が存在することがわかる。また、検出率の分散は、輝度値において 0.0649、提案手法において 0.0009 であった。このことから、提案手法の照明変化への頑健性が確認できる。

上記の結果より、文献 [2] の手法は比較手法に比べ照明変化に対し頑健であることがわかる。しかし、いずれの手法においても適合率は低かった。これは、図 3 に示すように、微小な位置合わせ誤差のあるフレームにおいて多くの誤検出が発生したためである。これは、時系列情報を利用することで改善可能であると考えられる。文献 [2] では、時系列情報を利用した検出精度の向上手法が提案されている。これは、単純に過去の差分画像を並べ、連続的に検出されているか否かを判定している。文献 [2] で用いている車載カメラ映像は  $640 \times 480$  画素と低解像度であり、画像中の障害物の位置の変化が小さいために、この手法が精度向上に繋がる。しかし本実験では高解像度な映像を用いているため、画像中の障害物の位置の変化が大きく、この手法をそのまま適用することは難しい。そのため、高解像度映像においても有効な時系列情報の利用方法が必要になると考えられる。

### 4. まとめ

本稿では、我々が今までに提案した照明変化に頑健な差分特徴を用いた障害物検出手法の評価を行なった。実験結果から、本手法が照明変化に頑健であることが確認された。今後、高解像度映像に適用可能な時系列情報の利用方法や、2.2 節における道路平面の位置合わせ精度の向上、位置ずれに頑健な差分特徴の検討が必要であると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金、JST 名古屋大学 COI, JST CREST の支援による。

#### 参考文献

- [1] Tomokazu Mitsui, Hironobu Fujiyoshi, "Object Detection by Joint Features based on Two-Stage Boosting", Proc. 9th IEEE Int. Workshop on Visual Surveillance 2009, pp.1169–1176, Oct. 2009
- [2] Haruya Kyutoku, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Subtraction-Based Forward Obstacle Detection Using Illumination Insensitive Feature for Driving-Support", Proc. Computer Vision in Vehicle Technology: From Earth to Mars (CVVT2012), Part II, LNCS 7584, pp.515–525, Oct. 2012
- [3] 久徳 遙矢, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, "自転車位置推定のための車載カメラ映像と市街地映像データベースの位置ずれや遮蔽に頑健なフレーム対応付け," 電子情報通信学会論文誌, J95-D, No.11, pp. 1973-1982, Nov. 2012.
- [4] Ramin Zabih, John Woodfill, "Non-parametric Local Transforms for Computing Visual Correspondence", Proc. 3rd European Conf. of Computer Vision, pp.151–158, 1994