

車載カメラ映像中におけるフロントガラス上の遮蔽領域復元に関する検討

Restoration of Occluded Region on Windshield in In-vehicle Camera Image

野田 雅文[†]高橋 友和[‡]井手 一郎[†]

Masafumi NODA Tomokazu TAKAHASHI Ichiro IDE

目加田 慶人[‡]村瀬 洋[†]

Yoshito MEKADA Hiroshi MURASE

1 はじめに

近年、車載カメラを用いて道路標識や案内看板、白線等を検出し、運転支援に役立てる研究が盛んに行われている。しかしながら、これらの検出処理は、例えば雨天時の雨滴やワイパなどのような遮蔽領域が映像中に存在する場合(図1)、認識精度が低下する。そこで本稿では、認識の前処理として車載カメラ映像からそのような遮蔽領域を復元する手法を提案する。従来、映像中の遮蔽領域復元に関する研究として、フレーム画像中の遮蔽領域を他のフレームの情報を用いて復元する手法[1]が提案されている。しかし、この手法では固定されたカメラからの映像を対象としているため、カメラ自体が運動している車載カメラ映像にそのまま適用することは困難である。また、静止画を対象とした場合には、遮蔽領域周辺のテクスチャパターンと類似する領域を画像中から探索し、最も類似した領域を遮蔽領域へと逐次的に埋め込む手法[2]が提案されている。提案手法は、この手法を時間方向に拡張したものである。雨天時の走行を想定して、雨滴・ワイパによる遮蔽領域を人工的に付与した車載カメラ映像に提案手法を適用し、本手法の有効性を調査した。

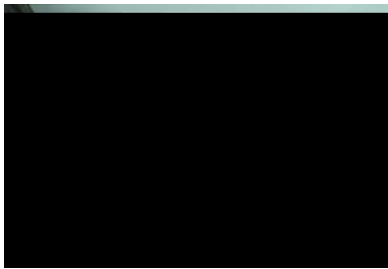


図1 ワイパ動作による遮蔽領域を含む車載カメラ映像

2 提案手法

復元対象とするフレーム画像中の遮蔽された画素周辺の領域をテンプレートとし、これと最も類似する領域を他のフレーム画像中より探索する。ここで最も類似していた領域を遮蔽領域に埋め込むことにより復元を行う。探索の際には、車載カメラ映像がカメラの直進運動によって得られるという性質を利用し、各フレーム画像における探索範囲を制限する。なお、本来ならば復元を行う際、遮蔽領域を何らかの方法により検出する必要があるが、本研究では遮蔽領域の位置や大きさは既知のもの

として扱う。図2に復元処理の流れを示し、以降でその詳細を述べる。



図2 復元処理の流れ

2.1 復元対象領域の決定

はじめに復元対象とするフレーム画像中から遮蔽領域を含む一定の大きさ s の矩形領域をランダムに選択する。この矩形領域に含まれる画素のうち、遮蔽されている画素の割合が閾値 r 以下である場合、矩形領域内の遮蔽領域を復元対象領域とする(図3)。ここで、矩形領域をランダムに選択するのは、選択順序による復元の偏りを抑制するためである。また、復元対象領域中の背景領域の割合が小さい場合、復元に必要な情報が十分に得られないという問題がある。これを避ける目的で、領域決定の際に閾値処理を行う。

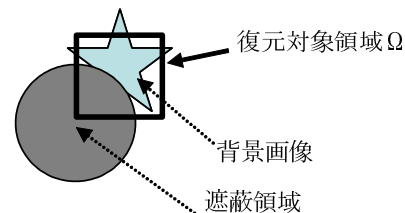


図3 復元対象領域

2.2 テンプレートマッチング

復元対象領域をテンプレートとして過去 T フレーム分の画像それぞれの探索範囲 $A(t)(t=1, 2, 3, \dots, T)$ からテンプレートとの相違度が最小となる領域を探索する。

[†] 名古屋大学 大学院情報科学研究科[‡] 中京大学 生命システム工学部

2.2.1 探索範囲の制限

車載カメラ映像中のテクスチャパターンは微小時間において変化が小さいという性質から、復元対象フレームに対して時間的に近いフレームほど探索範囲を小さくすることが出来る。これにより探索の高速化が可能になるとともに、誤った復元領域の選択を抑制できる。

2.2.2 相違度

テンプレートマッチングの際の相違度は、復元対象領域中の遮蔽されていない画素のみを対象とした SSD (Sum of Squared Difference) とする。これは式 (1) で定義される。

$$SSD(\Omega, \Omega') = \sum_{x \in \Omega, x' \in \Omega'} V(x)W(x')(I(x) - I(x'))^2 \quad (1)$$

ここで、 Ω は復元対象領域、 Ω' はマッチングを行う矩形領域、 x, x' はそれぞれの領域内の画素位置、 $I(\cdot)$ は画素の輝度値を表す。 $V(\cdot)$ は可視関数であり、式 (2) で定義される。

$$V(x) = \begin{cases} 0 & x \text{ が遮蔽された画素のとき} \\ 1 & \text{それ以外} \end{cases} \quad (2)$$

$W(\cdot)$ は重み関数であり、式 (3) で定義される。

$$W(x') = \begin{cases} w(\geq 1) & x' \text{ が過去に復元された画素のとき} \\ 1 & \text{それ以外} \end{cases} \quad (3)$$

重み関数は復元を行う際、過去の復元によって得られた画素の値の信頼性は低いと考え、そのような画素が選択されにくくすることを目的としている。

2.3 遮蔽領域の復元

探索によって得られた領域の画素を復元対象領域中の遮蔽領域に埋め込む。

以上の処理を遮蔽された画素がなくなるまで繰り返すことにより、現在着目しているフレーム画像の復元処理を行う。それぞれのフレーム画像における復元過程を図 7 に示す。

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 DV 形式の映像をインタレース除去したフレーム画像 (サイズ 360×240) を用いた。雨天時の走行を想定して、フロントガラスへの雨滴の付着、ならびにワイパ動作を模した 2 種類の遮蔽領域を人工的に付与した。

これらの映像に対して、単一フレーム画像のみを用いる従来手法と表 1 のパラメータを用いた提案手法による復元処理を行った。提案手法の場合は、復元対象領域サイズ s を変化させながら復元を行い、MSE の値が最も低かったものを復元結果とした。

表 1 復元に用いたパラメータ

領域サイズ s	2 ~ 26 pixel 四方
領域決定閾値 r	0.5
探索フレーム T	30 frame
探索範囲 $A(t)$	10 ~ 100 pixel 四方
重み w	1.5

復元結果の評価には原画像との MSE (平均二乗誤差) による客観的評価とともに目視による主観的評価を用いた。従来手法と提案手法の復元精度の比較結果を (表 2) に示す。

表 2 MSE による手法の比較

	従来手法	提案手法
雨滴	1300	360
ワイパ	2760	530

表 2 より、複数フレームの情報を用いることによる提案手法の有効性が確認できた。

次に提案手法に関して、30 フレーム分の復元結果に対する MSE の平均と標準偏差を調べることにより遮蔽領域の形状による復元精度の違いを調査した。復元結果を図 4、図 5 に示し、ワイパを対象とした場合の復元成功例と失敗例を図 6 に示す。また、MSE の平均と標準偏差を表 3 に示す。

表 3 MSE の平均と標準偏差

	平均	標準偏差
雨滴	3430	1140
ワイパ	2970	4110

図 4、図 5 から遮蔽領域の種類によらず主観的に違和感の少ない結果が得られたが、図 6 右のように大きく復元を誤る例も見られた。また、映像中心付近の復元精度が低くなる傾向が見られた。これは動きの消失点が映像中心付近に存在するため、過去のフレーム画像から復元に必要な情報が十分に得られないことが原因であると考えられる。

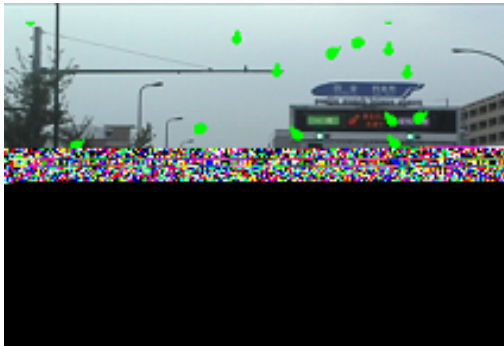
表 3 から雨滴に比べ、ワイパを対象とした場合の MSE の標準偏差が大きいう結果が得られた。このことから、遮蔽領域の形状や大きさに合わせて適切なパラメータを設定することが必要であると考えられる。

4 まとめ

本稿では、車載カメラ映像中の遮蔽領域を復元する手法を提案した。実験の結果、映像中の遮蔽領域の復元に複数フレームの情報を利用することの有効性を確認した。今回の実験では復元の際のパラメータを経験的に決定したが、実際には何らかの方法で適切なパラメータを決定する必要があると考える。今後はパラメータの決定手法、および復元した画像からの物体認識を検討していきたい。

参考文献

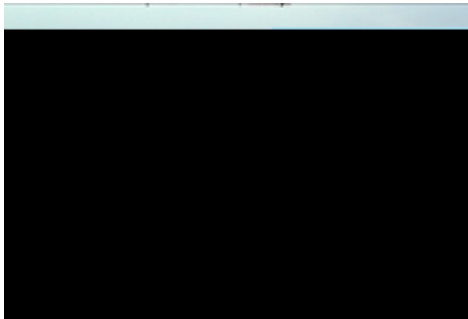
- [1] Y.Wexler, E.Schechtman, M.Irani "Space-Time Video Completion", CVPR 2004, pp.120-127, 2004.6
- [2] A.Criminisi, P.Perez, K.Toyama "Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 13, No. 9, 2004.



遮蔽領域を含む画像

復元画像

図 4 雨滴を模した遮蔽領域の復元



遮蔽領域を含む画像



復元画像

図 5 ワイパを模した遮蔽領域の復元



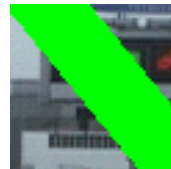
遮蔽領域



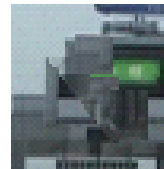
復元画像



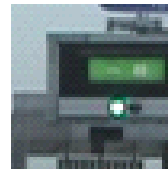
原画像



蔽領域



復元画像



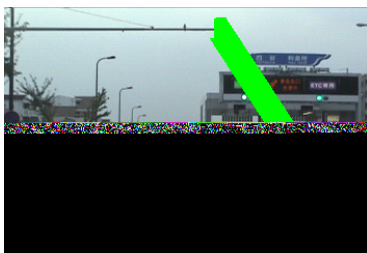
原画像

成功例

失敗例

電光掲示板横の空を復元失敗

図 6 復元結果の拡大画像



T1



T2



T3

図 7 復元家庭