

# 適応的な基準画像選択に基づく 複数の前方車載カメラ映像を用いた移動物体の除去

小塚 亨<sup>1,a)</sup> 出口 大輔<sup>1,b)</sup> 井手 一郎<sup>1,c)</sup> 村瀬 洋<sup>1,d)</sup>

## 1. はじめに

Google ストリートビューに代表されるように、市街地映像と地図（位置情報）を組み合わせた市街地映像データベースが様々な場面で利用されている。身近な所では、旅行のための目的地周辺の風景の視覚的な確認などにも活用されている。しかし、実環境で撮影した市街地映像には人や自動車等の移動物体が多数映り込む可能性が高い。これは、市街地映像データベースを各種サービスで利用する際、プライバシーの観点から大きな問題となる。このような問題に対し、同一経路から得られた複数の全方位車載カメラ映像を統合することにより、映像中の移動物体を除去する手法 [1] が提案されている。我々はこの技術を発展させ、前方車載カメラ映像にも適用可能な移動物体除去手法 [2] を提案した。これらの手法は、複数の映像を統合するための基準映像を手で与え、その映像に対して他の映像を時間方向と空間方向に位置合わせする。しかし、基準として移動物体を多く含む映像を選択した場合、位置合わせに失敗し、統合後の市街地映像の画質が大幅に劣化するという問題がある。そこで本発表では、移動物体除去画像への寄与度に基づく最適基準画像選択を導入する。これにより、従来手法より画質の劣化を軽減した移動物体の除去手法を提案する。

## 2. 移動物体除去手法

移動物体除去画像は、複数の背景画像を組み合わせることで作成される。そのため、ある画像が最終出力に多く含まれる場合は、その画像の大部分が背景で構成されていると考えられる。そこで、最終出力への画像の寄与度を基準画像の選択に利用する。このような仮定の下、異なる時刻に撮影された複数本の映像からフレーム単位での最適な基準画像を選択して統合することにより、移動物体の除去を行う。移動物体除去の概要を図 1 に載せる。入力は、同

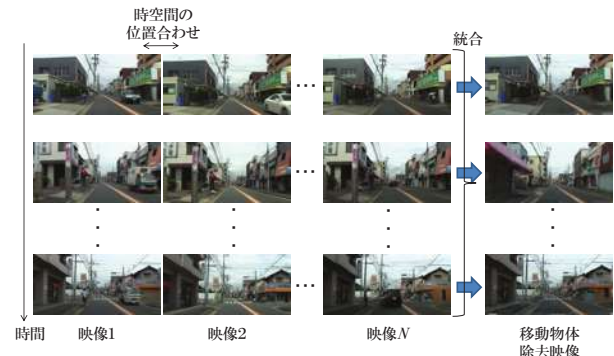


図 1 移動物体除去の概要

一経路を異なる時刻に撮影された複数の前方車載カメラ映像である。以降、提案手法の処理手順について詳細に述べる。

- (1) 空間方向の位置合わせ：エピポーラ幾何に基づく画像間距離を用いた DP マッチング [3] により、映像間の時間方向の位置合わせを行う。具体的には、基準映像と入力映像のフレーム対から、消失点とエピポールをそれぞれ計算し、両者の距離が最大になるフレーム対を同一地点の画像として対応付ける。
- (2) 空間方向の位置合わせ：手順 (1) において対応付けられたフレーム対は、撮影位置の微妙な違いにより見えが異なる。これを修正するために、SIFT flow [4] を用いてフレーム間の空間方向の位置合わせを行う。
- (3) 背景パッチの選択と合成：手順 (1), (2) における時間方向・空間方向の位置合わせにより、複数映像間での各画素同士の対応が得られる。この対応を用いることにより、移動物体の除去を行う。具体的には、まず各画像を  $W$  個のパッチに分割し、それぞれパッチ内の画素値を並べたベクトルに変換する。次に、以下の目的関数  $F(\mathbf{n})$  を最小化するパッチを選択する。

$$F(\mathbf{n}) = \sum_{w=1}^W [(1-\lambda)f_w(n_w) + \lambda g_w(n_w)] \quad (1)$$

$f_w$  は移動物体らしさに関する項であり、その計算にはベクトルメディアンフィルタを用いる。一般的に、

<sup>1</sup> 名古屋大学 〒464-8601 愛知県名古屋市中千種区不老町

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

b) ddeguchi@nagoya-u.jp







c) ide@is.nagoya-u.ac.jp

d) murase@is.nagoya-u.ac.jp

表 1 出力画像に含まれる移動物体の画素数

	最適基準画像選択あり (提案手法)	最適基準画像選択なし (比較手法)
移動物体の 画素数	1,368	2,246

表 2 各映像を基準とした場合の移動物体除去の比較

映像 1	寄与度：573 (最適基準画像)
基準画像 	出力画像 
映像 2	寄与度：189
基準画像 	移動物体除去画像 
映像 3	寄与度：104
基準画像 	出力画像 

異なる時刻に同一地点に同じ移動物体が存在することは稀であり、背景のみが映る場合の方が多い。そのため、同一地点・同一領域に対応するベクトル群に対してベクトルメディアンフィルタを適用することで、移動物体の除去が可能となる。しかし、ベクトルメディアンフィルタによる各パッチの選択は独立に行われるため、近傍パッチの不連続度に関する項  $g_w$  を導入することで、照明条件を保存する。また、 $\lambda$  は  $f_w$  と  $g_w$  に対する重みである。そして、選択されたパッチを用いることで移動物体を除去した映像を合成する。

- (4) 寄与度に基づく最適基準画像の選択：上記 (1)~(3) の処理を各映像を基準として行う。その際、基準映像中の画像からパッチが選択された回数をそれぞれ求める。この回数が最も多い画像を最適基準画像とする。そして、この最適基準画像を用いて得られる移動物体除去画像を、最終的な出力とする。

### 3. 実験および考察

提案手法の有効性を確認するために、前方車載カメラ映像を用いて実験を行った。入力映像は同一経路を異なる時刻に走行して撮影した前方車載カメラ映像 5 本であり、各映像のフレーム数は 1,000 枚である。精度評価には 25 フレーム毎に出力画像中に残存する移動物体の画素数の平均を用いた。比較として最適基準画像の選択を行わない手法を利用した。その際、各映像を基準映像としたときの結果

の平均を用いて比較を行った。なお、目的関数  $F(n)$  の計算に使用するパッチの大きさは  $30 \times 30$  画素、重み  $\lambda = 0.6$  とした。

実験結果を表 1 に示す。比較手法と比べて提案手法の方が出力画像に含まれる移動物体の画素数が少なかった。これは、最適基準画像が適切に選択されることで、移動物体の除去精度が向上したためだと考えられる。しかし、本実験では移動物体を完全に除去することができなかった。これは、パッチの選択が正しく行われなかったためだと考えられる。

次に、ある地点における各映像中の画像と、その画像を基準画像とした場合の出力画像例及びそのときの寄与度を表 2 に示す。寄与度が最も低かった映像 3 ではバスで隠れていた領域の補完の際に不自然な歪みが生じている。これはバス周辺の位置合わせに失敗したためだと考えられる。一方、寄与度が最も高く最適基準画像として選択された映像 1 では、映像 2、映像 3 と比較して歪みを抑えつつ移動物体を除去できており、画質劣化の軽減に成功していることがわかる。以上により、提案手法の有効性を確認した。

### 4. むすび

複数の映像の統合により、前方車載カメラ映像から移動物体を除去する手法を提案した。車載カメラ映像を用いた実験により、提案手法の有効性を確認した。しかし、各入力画像に含まれる移動物体の割合が大きいとき、提案手法では画質の劣化を軽減した出力画像の取得ができなかった。したがって、今後の課題として、位置合わせ手法の改良、パッチの選択方法の改善などが挙げられる。

### 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] 内山寛之, 出口大輔, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, “複数画像系列の部分画像選択に基づく移動物体を含まない車載カメラ映像の生成,” 電子情報通信学会論文誌 (D), vol. J94-D, no. 12, pp. 2093-2104, Dec. 2011.
- [2] 小塚亨, 出口大輔, 井手一郎, 村瀬洋, “前方車載カメラ映像中の移動物体除去に関する予備的検討,” 2014 年電子情報通信学会総合大会, D-12-56, Mar. 2014.
- [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へいに頑健なフレーム対応付け,” 電子情報通信学会論文誌 (D), vol. J95-D, no. 11, pp. 1973-1982, Nov. 2012.
- [4] Ce Liu, Jenny Yuen, Antonio Torralba, “SIFT Flow: Dense Correspondence across Scenes and its Applications,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 33, no. 5, pp. 978-994, May 2011.