

# 複数車載カメラ映像の部分画像選択に基づく移動物体のない映像の生成

内山 寛之<sup>†</sup> 出口 大輔<sup>†</sup> 高橋 友和<sup>††</sup> 井手 一郎<sup>†</sup> 村瀬 洋<sup>†</sup>

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

E-mail: <sup>†</sup>{uchiyaama,ddeguchi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, <sup>††</sup>ttakahashi@gifu.shotoku.ac.jp

あらまし 近年、市街地映像を利用して自車位置を推定する運転支援システムが注目されている。また、Google ストリートビューのような、市街地映像をインターネット上で閲覧できるサービスも提供されている。しかし、画像中に車両や歩行者などの移動物体が映りこむことが、遮蔽やプライバシー保護の点で問題となっている。そこで本発表では、車載全方位カメラにより得られる市街地映像中から移動物体を除去する手法を提案する。まず、カメラを搭載した車両が同じ経路を複数回走行することで、異なる時刻の複数の映像を収集する。そして、これらの映像間の時間方向と空間方向のレジストレーションを行う。次に、移動物体が映っている頻度は少ないという仮定の下、照明条件が類似し、かつ移動物体が映っていない部分画像を選択的に切り出す。最後に、切り出された部分画像を張り合わせるにより、移動物体が映っていない市街地映像を作成する。市街地を撮影した実際の全方位カメラ映像を用いた実験により、96.5%の移動物体の領域を除去し、移動物体のない映像を生成することに成功した。

キーワード 移動物体除去, 車載カメラ, ITS

## Generation of an In-vehicle Camera Image Sequence without Moving Objects by Selection of Partial Images from Multiple Image Sequences

Hiroyuki UCHIYAMA<sup>†</sup>, Daisuke DEGUCHI<sup>†</sup>, Tomokazu TAKAHASHI<sup>††</sup>, Ichiro IDE<sup>†</sup>, and Hiroshi MURASE<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University,  
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi 464-8601 Japan

<sup>††</sup> Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen University,  
Nakauzura 1-38, Gifu-shi, Gifu 500-8288 Japan

E-mail: <sup>†</sup>{uchiyaama,ddeguchi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, <sup>††</sup>ttakahashi@gifu.shotoku.ac.jp

**Abstract** Recently, applications of street images for driving assistance systems are being focused. Services which exhibit street-view images such as Google Street View are also popular on the Internet. However, vehicles and pedestrians in the street images are sometimes considered as an occlusion or a privacy violation. In this presentation, we propose a method for the removal of moving objects from an in-vehicle camera image sequence by fusing multiple image sequence. First, multiple image sequences are collected by running vehicles equipped with a video camera along the same route many times. Then, spatial and temporal registrations are applied between the image sequences. Next, partial images which have similar brightness and no moving object are selectively clipped. Finally, an image sequence without moving objects is synthesized by mosaicing the clipped partial images. As a result of an experiment using actual image sequences, 96.5% of the area with moving objects are removed.

**Key words** Removal of moving objects, in-vehicle camera, ITS

### 1. はじめに

近年、市街地の画像を蓄積したデータベースをドライバ支援に用いる研究が行われている。例えば、内山ら [1] や Jabbour ら [2] は、収集した画像と位置情報からなるデータベースと車載カメラ画像を照合することにより、

自車位置推定を行う手法を提案している。また、久徳ら [3] は、事前に収集した移動物体の映っていない画像と入力画像を比較することにより、路上障害物を検出する手法を提案している。しかし、移動物体による遮蔽が問題となるため、これらの手法には移動物体が存在しない画像データベースが好ましい。一方、Google ストリ-

トビュー [4] 等、インターネット上で市街地画像が閲覧できるサービスが提供されている。しかし、画像中に人物の顔やナンバープレートが映りこんでおり、プライバシーの観点から大きな問題となっている。自動検出してぼかす処理 [5] が行われているが、現状では十分な精度が得られていない。また、画像中の移動物体が見たい部分を遮蔽するという問題もある。そこで本発表では、ドライバ支援とプライバシー保護のための市街地映像データベースを構築することを目的とし、走行する車両より得られた全方位カメラ映像から移動物体を除去する手法を提案する (図 1)。同一経路を複数回走行して得られた映像を統合することにより、移動物体を含まない映像を生成する。

画像中から不要な物体を除去する手法として、(1) 静止画を利用するもの [6], [7] や、(2) 画像系列 (動画) を利用するもの [8] ~ [10], (3) 異なる時刻の同一地点で撮影した複数の静止画を利用するもの [11], [12] が提案されている。静止画を利用するものとして、1 枚の画像から写真の傷等の不要な領域を除去し、その欠損領域を修復して自然な画像を得る手法 [6] や、多数の学習画像をもとに、統計的に欠損領域の見えを推定する手法 [7] がある。また、画像系列を利用する手法として、時空間画像のフィルタリング処理により、除去対象領域を補完する手法 [8] ~ [10] が提案されている。これらの手法は、除去対象領域をあらかじめ人手や自動検出等により指定する必要があったり、除去対象領域の検出処理が手法中に含まれている。しかしながら、膨大な市街地映像中から人手で除去対象領域を指定することは困難であり、1 つの静止画や画像系列から多様に变化する車両や人物の領域を検出すること自体が 1 つの難しい問題である。

文献 [11] の手法では、ほぼ同一地点の異なる時刻で撮影した複数の画像を用いることで、移動物体を含まない画像を生成する。この手法では、各画像の同位置の画素に着目し、それらのメディアンを求めるため、除去対象領域検出の問題は発生しない。しかしながら、移動カメラから取得した画像系列を対象とした場合には、画像系列間の位置合わせが問題になる。また、異なる日時に撮影した場合、照明条件の異なる画像を貼り合わせるようになるため、生成される画像の画質が劣化するという問題がある。その解決策として、文献 [12] の手法では、画像を複数の垂直領域に分割し、照明条件の違いを線形変

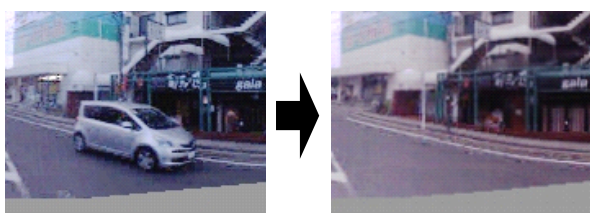


図 1 映像中からの移動物体の除去 (提案手法の適用例)。

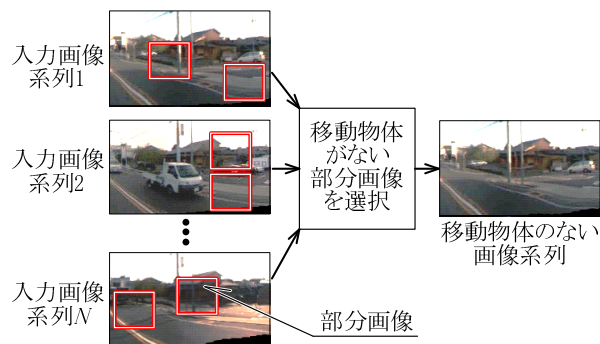


図 2 異なる時刻に撮影した同一地点の画像を収集し、移動物体の映っていない部分画像を自動選択して張り合わせるにより、全体として移動物体の映っていない画像を生成する。

換により正規化している。しかし、部分的な陰影が存在する場合には、照明条件の違いの正規化が困難である。

本発表では、全方位車載カメラ映像から移動物体を除去する手法を提案する。従来手法には、次の 2 つの問題があった。

- 映像間の撮影位置の違い
- 映像間の照明条件の違い

そこで、提案手法は移動カメラから得られた複数の画像系列を用いることにより、これらの問題を解決する。

## 2. 全方位カメラ映像からの移動物体除去手法

### 2.1 概要

まず、提案手法の基本戦略を述べる。本発表では、駐車しているものを含む路上に存在する自動車、自転車、歩行者など、恒常的にその場に存在しないものを移動物体と呼び、それらを除去の対象とする。同一地点で撮影した画像中の同一部分を長時間観察した場合、一般に移動物体が映っている時間はわずかである。そこで、同じ経路を複数回走行することで、複数の画像系列を収集する。そして、それらを用い、異なる時刻に撮影した同一地点の画像群を生成する。この処理により、映像間の撮影位置の違いの問題を解決する。次に、それらの画像の同一部分画像を比較し、移動物体の映っていない時刻の部分画像を自動選択する。選択した部分画像を張り合わせることによって、全体として移動物体の映っていない全方位カメラ画像を生成する (図 2)。ここで、同じ経路を複数回走行した場合、部分的に照明条件の類似する映像が含まれていると考えられる。そのため、部分画像の自動選択の際、隣接する部分画像の照明条件が類似するように選択することで、画質の劣化を防ぐ。これにより、映像間の照明条件の違いの問題を解決する。

次に、具体的な処理手順について述べる。提案手法の流れを図 3 に示す。提案手法は合計  $N$  本の映像を用いる。ここで、移動物体除去の対象となる映像を基準映像、残りの  $N - 1$  本の映像をソース映像と呼ぶことにする。

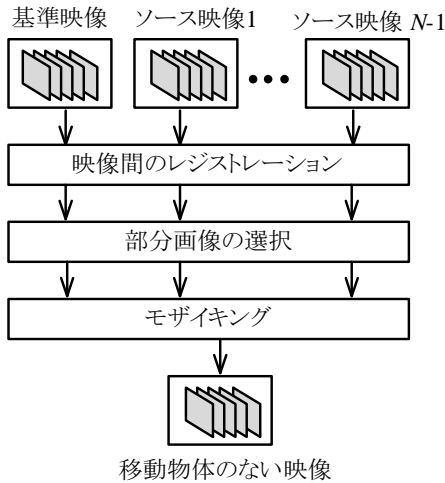


図3 提案手法の流れ.

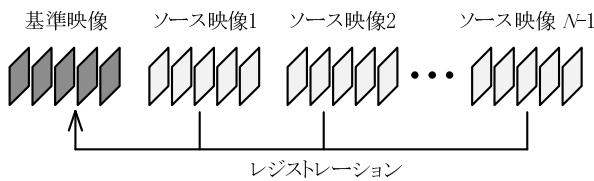


図4 時間方向・空間方向のレジストレーションにより、全てのソース映像を基準映像に一致させる.

提案手法は、基準映像とソース映像間の時間的・空間的な位置合わせを行うレジストレーション処理と、移動物体が映っていない部分画像の選択処理の2つの処理に分けられる。全方位カメラを搭載した車両は路上を移動しているため、各映像の各時刻におけるカメラの視点は異なる。そこで、全方位カメラ映像間の時間的・空間的なレジストレーションを行うことにより、全てのソース映像を基準映像に一致させる(図4)。これにより、基準映像と同一の地点で観測した映像群を生成する。次に、基準映像とレジストレーションを行った各ソース映像を部分画像に分割する。そして、照明条件が隣接する部分画像同士で類似し、かつ背景らしい部分画像を選択するための目的関数を設定し、それを最小化する。最後に、選択された部分画像の張り合わせ処理を行うことで、移動物体が映っていない全方位カメラ映像を生成する。以降、提案手法の処理の詳細を説明する。

## 2.2 映像間のレジストレーション

### 2.2.1 時間方向のレジストレーション

まず、全方位カメラ映像間の時間方向の位置合わせにより、車両の進行方向の大まかな位置合わせを行う(図5)。車両の速度は走行毎に異なり、同じ走行中でも一定ではない。そこで、DP マッチング[13]を適用することでフレーム間の対応付けを行い、このような非線形な時間軸の伸縮に対処する。ここで、DP マッチングのパターン要素間の距離は、画像の画素値の二乗誤差とす

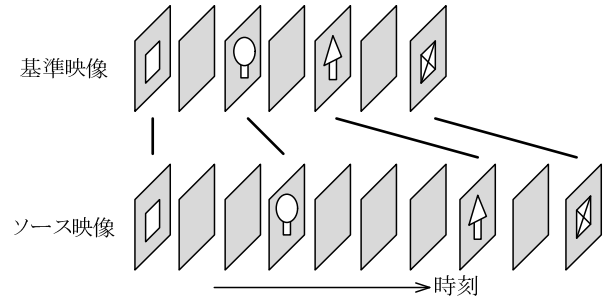


図5 DP マッチングにより画像系列の時間方向の位置合わせを行う。

る。DP マッチングは、基準映像とソース映像の  $N - 1$  個の対について、それぞれ適用する。

### 2.2.2 空間方向のレジストレーション

映像を収集する車両は、同じ車線を走行したとしても、車線内での走行位置は走行毎に異なる。また、カメラのフレームレートの制限により、DP マッチングによる進行方向の撮影位置合わせの結果にも誤差が生じる。そのため、映像の時間方向の位置合わせだけでなく、空間方向の位置合わせも行う必要がある。

市街地環境では建築物が入り組んでいるため、撮影位置が異なると景色の見え方に非線形な伸縮が生じる。また、後の部分画像選択処理で、部分画像をきれいにつなぎ合わせるために、ピクセル単位で画像の位置合わせを行う必要がある。そこで、撮影位置の違いによる画像の見え方の変化を B-spline 曲面で近似し、Free-form Deformation による非剛体レジストレーション[14]を適用することで、映像の空間方向の対応付けを行う。

非剛体レジストレーションでは、まず変形対象となるソース画像上に制御点を格子状に設置する。そして、制御点を移動させることでソース画像を変形させる。基準画像との照合コストが最小となるように、ソース画像を変形させることで、ソース画像を基準画像に一致させる。ここで、ソース画像と基準画像間の照合コストは、画像間の正規化相互情報量  $C_{NMI}$  と B-spline 曲面を滑らかさに関するペナルティ  $C_{smooth}$  を用いて次式のように計算する。

$$C_{cost} = -C_{NMI} + C_{smooth} \quad (1)$$

ここで、 $C_{smooth}$  は B-spline 曲面上の各点における 2 次微分の 2 乗和に重みを乗じたものである。 $C_{smooth}$  の項は、基準画像に移動物体が映っており、直接ソース画像と基準画像の対応付けが行えない領域において、不自然な画像の変形を防ぐ効果がある。非剛体レジストレーションは、DP マッチングと同様に、各ソース映像を基準映像に一致させる。

非剛体レジストレーションを全方位カメラ映像のあるフレームに適用した例を図6に示す。図中では、ソース画像と基準画像をチェッカーボード状に並べて表示してある。(a)では、例えば左上の建築物の境界や右下の白線

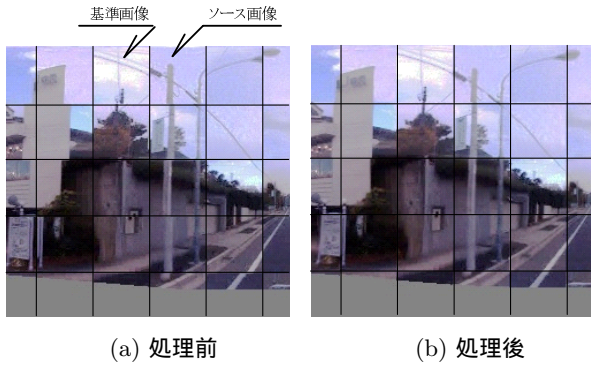


図 6 非剛体レジストレーションによる映像の空間方向のレジストレーション．ソース画像と基準画像をチェッカーボード状に並べて表示してある．(a) では、例えば左上の建築物の境界や右下の白線の位置がずれている．これを、(b) のように補正する．

の位置がずれている．これを、非剛体レジストレーションにより、(b) のように補正することが可能となる．

### 2.3 部分画像の選択とモザイクング

#### 2.3.1 部分画像選択のための目的関数

レジストレーションを行ったある地点の画像群をサブウィンドウ単位に分割し、その中から移動物体が映っていない部分画像を選択する．以降、特定の位置において、部分画像をいずれかの画像系列から選択する枠のことを、サブウィンドウと呼ぶ．まず、各画像上に  $W \times W$  画素のサブウィンドウを、隣接するサブウィンドウ同士が半分程度重なり合うように設置し、サブウィンドウ内の画素値をベクトルとして表す．このベクトルを以後、部分画像ベクトルと呼ぶ．部分画像ベクトルは、各画素の RGB 値を並べたものであり、 $3W^2$  次元である．サブウィンドウは、画像系列の空間軸および時間軸に沿って並べられており、その位置を  $(x, y, t)$  と表記する．そして、移動物体が映っている頻度は少ないという仮定の下、以下の処理を行うことで背景らしい部分画像を選択する．

それぞれのサブウィンドウにおいて、独立に部分画像選択処理を行った場合、隣接するサブウィンドウで異なる照明条件の画像系列から部分画像が選択される場合が多くなる．そのため、図 7(a) の白い壁のように、局所的に周囲と色が異なる部分が発生し、生成される画像系列の画質が劣化するという問題がある．

そこで提案手法では、隣接するサブウィンドウでは、照明条件の類似する画像系列から部分画像ベクトルの選択を行う．まず、あるサブウィンドウ  $(x, y, t)$  に注目し、系列  $n_{xyt}$  を選択した場合における移動物体の存在しやすさ  $f_{xyt}(n_{xyt})$  と、周囲のサブウィンドウとの不連続度（以後、サブウィンドウ間の不連続度と呼ぶ） $g_{xyt}(n_{xyt})$  の重み付き和を考える．そして、全てのサブウィンドウに対してこの総和を最小化することで、各サブウィンドウにおいて選択される画像系列を決定する．これは、



(a) 独立に選択を行った場合 (b) 元画像

図 7 それぞれのサブウィンドウにおいて独立に部分画像選択処理を行った場合、(a) のように生成される画像系列の画質が劣化する．

次の目的関数を  $\mathbf{n} = \{n_{xyt}\}$  に関して最小化する問題として定式化される．

$$F(\mathbf{n}) = \sum_{x,y,t} [(1 - \lambda)f_{xyt}(n_{xyt}) + \lambda g_{xyt}(n_{xyt})] \quad (2)$$

ここで、 $\lambda$  は重みである．以降、 $f_{xyt}(n)$  と  $g_{xyt}(n)$  について説明する．

#### 2.3.2 移動物体の存在しやすさ

同一地点で撮影した画像中の同一部分を観察した場合、一般的に移動物体が映っている時間はわずかである．そこで、移動物体の存在しやすさ  $f_{xyt}(n)$  はベクトルメディアンフィルタ [15] を基に計算する．ベクトルメディアンフィルタはメディアンフィルタの多次元への拡張であり、他のベクトルとの距離の和が最小となるベクトルを選択するフィルタである． $N$  個のベクトル  $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_N$  を入力とするベクトルメディアンフィルタの出力  $\mathbf{m}$  は、次式で表される．

$$\mathbf{m} = \arg \min_{\mathbf{v} \in \{\mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_N\}} \sum_{i=1}^N |\mathbf{v} - \mathbf{v}_i| \quad (3)$$

ベクトルが 1 次元の場合、スカラーのメディアンと等価である．提案手法では、ベクトル間の距離としてユークリッド距離を用いる．

ベクトルメディアンフィルタの性質から、図 8 のように、メディアンに近い部分画像ベクトルほど移動物体が存在しにくいと考えることができる．そのため、メディアンとの距離を、その部分画像ベクトルにおける移動物体の存在しやすさ  $f_{xyt}(n)$  とする．

$$f_{xyt}(n) = |\mathbf{v}_{xyt}(n) - \mathbf{m}_{xyt}| \quad (4)$$

ここでは、サブウィンドウ  $(x, y, t)$  での  $n$  番目の画像系列の部分画像ベクトルを  $\mathbf{v}_{xyt}(n)$ 、部分画像ベクトルのメディアンを  $\mathbf{m}_{xyt}$  と表記している．

#### 2.3.3 サブウィンドウ間の不連続度

注目サブウィンドウ  $(x, y, t)$  とその周辺のサブウィンドウ間の不連続度  $g_{xyt}(n)$  の計算方法を述べる．まず、注目サブウィンドウの近傍に存在するある 1 つのサブウィンドウで選択されている画像系列を  $n_a$  とする．注目サブウィンドウでの画像系列  $n_a$  の部分画像と画像系列  $n$

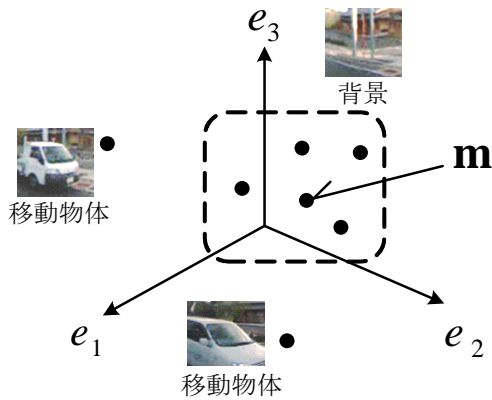


図 8 メディアンに近い部分画像ベクトルほど，移動物体が存在しにくい。

の部分画像間の距離を考える．画像系列  $n$  と画像系列  $n_a$  の照明条件が異なれば，この距離が大きくなる．そのため，注目サブウィンドウのすべての近傍を考慮し，その距離の平均をサブウィンドウ間の不連続度  $g_{xyt}(n)$  とする．よって， $g_{xyt}(n)$  は次式で表わされる．

$$g_{xyt}(n) = \frac{1}{|A_{xyt}|} \sum_{n_a \in A_{xyt}} |\mathbf{v}_{xyt}(n) - \mathbf{v}_{xyt}(n_a)| \quad (5)$$

ここで， $A_{xyt}$  はサブウィンドウ  $(x, y, t)$  の時間・空間方向を含めた 26 近傍で選択されている画像系列の集合を表わし， $|A_{xyt}|$  はその要素数を表わす．

### 2.3.4 目的関数の最小化アルゴリズム

式 (2) の最小化問題について，逐次的なアルゴリズムにより近似解を求める．具体的には，ランダムに 1 つのサブウィンドウを選択し，目的関数の値が減少するように  $n_{xyt}$  を変化させる．この操作は，次式で表わされる．

$$n_{xyt}^{new} \leftarrow \arg \min_{n_{xyt}} [(1 - \lambda)f_{xyt}(n_{xyt}) + \lambda g_{xyt}(n_{xyt})] \quad (6)$$

いずれのサブウィンドウを選択しても  $n_{xyt}$  が変化しなくなった時点で，逐次処理を終了する．

### 2.3.5 モザイクング

サブウィンドウ同士が重なり合う領域を ブレンディングすることで，境界部分が目立ちにくい合成画像を生成する．ここで，サブウィンドウの縁の近くは透明度が高く，縁から遠いほど透明度が低くなるように，ブレンディングの係数を設定する．

## 3. 実験および考察

提案手法の有効性を確かめるために，実際に市街地で撮影した映像を用いて次の 2 つの実験を行った．

実験 1: 使用する映像数と除去性能の関係の調査

実験 2: 移動物体除去性能と生成画像系列の画質の関係の調査



図 9 実験に用いるデータは，様々な照明条件の映像を含む．

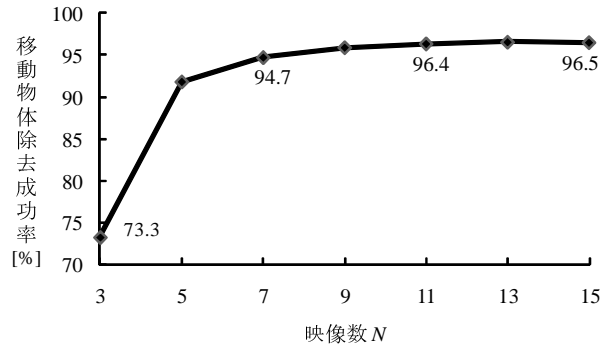


図 10 使用した映像数と移動物体除去成功率の関係．

実験 1 では，使用する映像数と移動物体の移動物体除去性能の関係を検査し，その結果について考察する．実験 2 では，式 (2) での移動物体の存在しやすさとサブウィンドウ間の不連続度の重みづけの違いにより，移動物体除去性能と生成画像系列の画質の関係を検査し，その結果について考察する．

全方位カメラとして Point Grey Research 社製 Ladybug2 を使用し，フレームレート 15 fps で撮影した．実験のために合計 15 本の映像を収集した．その中の 1 本を基準映像として用い，残りの 14 本をソース映像として用いた．映像の長さは約 2 分である．映像は全て異なる日，異なる時刻に撮影されており，様々な照明条件の映像が含まれる．図 9 に実験に用いた画像の例を示す．球面投影によりパノラマ展開した映像を用いた．解像度は視野角 360 deg あたり 1,024 画素であった．

### 3.1 実験 1: 使用する映像数と除去性能の関係の調査

ソース映像として使用する映像の数を変化させ，使用する映像の数と移動物体の除去性能の関係を検査した．重み  $\lambda$  は予備実験により 0.6 とした．評価方法として，基準映像中で移動物体が存在する領域の画素のうち，除去映像中に残った画素の数を比較した．具体的には，まず人手で移動物体の画素をマーキングした基準映像・ソース映像を用意した．そして，それぞれの画素の位置において，提案手法で選択される映像と同じマーキング映像から画素を取得することにより，除去映像中に残った画素を計数した．14 本のソース映像の中から実験に用いる映像をいくつか選択する際，選択する系列により除去成功率が変化する．そのため，ランダムに生成した 50 の



歩行者 対向車両 自転車 対向車両

(a) 基準映像 (入力)



(b) 15本の映像の統合結果

図 11 移動物体除去の結果の例。



(a)  $\lambda = 0.0$



(b)  $\lambda = 0.4$



(c)  $\lambda = 0.6$



(d)  $\lambda = 0.8$

図 12 部分画像選択の重み  $\lambda$  による生成画像の違い。重み  $\lambda$  が大きいほど画質が向上する。

組み合わせについて実験を行い、その平均を評価に用いた。ただし、ソース映像を 14 本用いた場合には 1 つの組み合わせのみを試行する。評価には、映像中から無作為に選んだ車両が映っている 11 地点を用いた。この実験における部分画像選択処理の際のサブウィンドウのサイズは  $30 \times 30$  画素とした。

用いた映像数 (基準映像数 + ソース映像数) に対する除去失敗率を図 10 に示す。映像数が 15 のとき、96.5% の移動物体領域の除去に成功した。残った移動物体領域のほとんどが遠くの小さなものや、移動物体の断片であり、得られた移動物体除去映像は目的とするドライバ支援のためのデータベースやプライバシー保護に十分利用可能であると考えられる。

図 10 から、映像数が多いほど移動物体除去性能が向上することが確認できる。最低 3 本の映像があればベクトルメディアンフィルタを基にした部分画像選択は可能であるが、9 割以上の移動物体除去の性能を得るためには、5 本以上の映像が必要であった。

移動物体除去の例を図 11 に示す。(a) が入力となる基準映像で、(b) が 15 本の映像の統合結果である。これにより、移動物体が除去できていることが確認できる。

### 3.2 実験 2: 移動物体除去性能と生成画像系列の画質の関係の調査

式 (2) における移動物体の存在しやすさとサブウィンドウ間の不連続度の重みづけの違いにより、移動物体除去性能と生成画像系列の画質がどのように変化するかを調査し、その結果について考察した。使用する映像数は 9 本に固定し、部分画像選択の重み  $\lambda$  を変化させることにより、実験を行った。

重み  $\lambda$  が 0.0, 0.4, 0.6, 0.8 において生成された画像の一部分を拡大したものを、それぞれ図 12(a) ~ (d) に示す。また、重み  $\lambda$  に対する移動物体除去成功率を図 13 に示す。

図 12 の建築物の白い壁に注目すると、本来は一樣な色の壁であるにもかかわらず、(a) や (b) では局所的に

周囲と色が異なる部分が見られる．これは，式 (2) のサブウィンドウ間の不連続度  $g_{xyt}(n)$  の比重が小さい場合には，照明条件の異なる画像系列から部分画像が選択されやすくなるためである．一方，(c) では局所的に周囲と色が異なる部分が減少し，(d) ではさらに改善されている．このように，サブウィンドウ間の連続性を考慮することにより，生成画像系列の画質が向上することが確認できる．

一方，重み  $\lambda$  を増加させると，移動物体除去成功率が減少することを確認した (図 13)．これは，式 (2) の移動物体の存在しやすさ  $f_{xyt}(n)$  の比重が減少したためである．重み  $\lambda$  が大きい場合，図 14 のように，主に遠くの見た目が小さい移動物体の除去性能が低下したが，図 13 で見られるように全体としての移動物体除去成功率は依然として高い．移動物体が除去された画像系列の利用を考慮する場合，ドライバ支援のためのデータベースでは小さな移動物体も除去できることが好ましい．一方，市街地画像の閲覧サービスでは移動物体のプライバシー保護が目的であり，図 14 のような例は問題とはならない．閲覧が目的であるため，画質の方が重要となる．そのため，用途に応じて適切な重み  $\lambda$  の設定を行えばよい．

#### 4. ま と め

複数車載カメラ映像の部分画像選択に基づく，移動物体のない映像の生成手法を提案した．具体的には，まず同一経路を複数回走行して得た映像に対して，時間的・空間的なレジストレーションを行った．これにより，映像間の撮影位置の違いの問題の解決を図った．次に，サブウィンドウ単位で，移動物体の映っていない部分画像を目的関数最小化により選択し，張り合わせることで，全体として移動物体の映っていない全方位カメラ映像を生成した．その際，隣接するサブウィンドウ間で，照明条件の類似する画像系列から部分画像が選ばれるような拘束を加えた．これにより，映像間の照明条件の違いの問題の解決を図った．15 本の映像を用いた実験の結果，96.5% の移動物体の除去に成功した．使用する映像の本数が多いほど，除去性能が向上するという結果を得た．また，サブウィンドウ間の連続性を考慮することにより，画質が向上が見られた．今後の課題として，移動物体除去性能と画質の両立が可能な手法の開発や，移動物体が除去された映像を利用した実際のアプリケーションの開発が挙げられる．

#### 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深く感謝する．本研究の一部は，JST 戦略的創造研究推進事業 CREST および科学研究費補助金による．また，本研究では画像処理に MIST ライブラリ (<http://mist.murase.m.is.nagoya-u.ac.jp/>) を使用した．

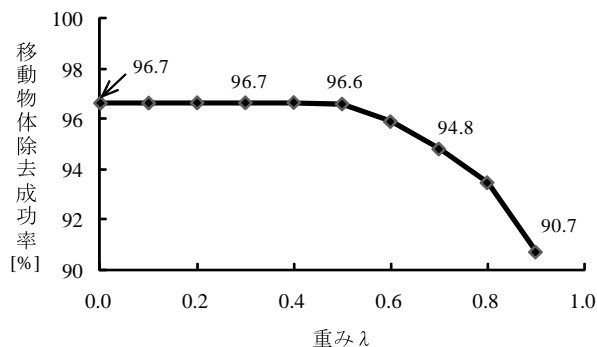


図 13 部分画像選択の重み  $\lambda$  と移動物体除去成功率の関係．

#### 文 献

- [1] 内山寛之, 出口大輔, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, “街並み画像系列と 2 台の車載カメラの画像系列との照合による自車の走行位置推定,” 信学技報, PRMU2008-159, Dec. 2008.
- [2] M. Jabbour, V. Cherfaoui, and P. Bonnfait, “Management of Landmarks in a GIS for an Enhanced Localisation in Urban Areas,” Proc. 2006 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.50–57, Sep. 2006.
- [3] 久徳達矢, 出口大輔, 高橋友和, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋, “車載カメラ映像の道路面経時差分による前方障害物検出,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU) 2009, IS1-55, Jul. 2009.
- [4] “Google Maps,” <http://maps.google.com/>
- [5] A. Frome, G. Cheung, A. Abdulkader, M. Zennaro, B. Wu, A. Bissacco, H. Adam, H. Neven, and L. Vincent, “Large-scale Privacy Protection in Google Street View,” Proc. IEEE 12th Int. Conf. on Computer Vision (ICCV2009), pp.2373–2380, Sept. 2009.
- [6] N. Kawai, T. Sato, and N. Yokoya, “Image inpainting based on energy minimization,” Proc. SPIE Electronic Imaging, Vol. 6498, Jan. 2007.
- [7] A. Levin, A. Zomet, and Y. Weiss, “Learning How to Inpaint from Global Image Statistics,” Proc. IEEE 9th Int. Conf. on Computer Vision, pp.305–312, Oct. 2003.
- [8] 栗林宏輔, 川崎洋, 小野晋太郎, 池内克史, “移動カメラ映像の障害物除去のための時空間画像フィルタの提案,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU) 2009, IS2-32, Jul. 2009.
- [9] Y. Weixel, E. Shechtman, and M. Irani, “Space-Time Video Completion,” Proc. 2004 IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.1, pp.120–127, Jun. 2004.
- [10] A. Yamashita, I. Fukuchi, T. Kaneko, and K. Miura, “Removal of Adherent Noises from Image Sequences by Spatio-Temporal Image Processing,” Proc. 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.2386–2391, May 2008.
- [11] J. Böhm, “Multi-image Fusion for Occlusion-free Façade Texturing,” International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.35, Part B5, pp.867–872, Jul. 2004.
- [12] 高橋英之, 堀磨伊也, 神原誠之, 横矢直和 “全天球画像データベース作成のための色調統一と動物体の除去,” 信学技報, MVE2009-40, Oct. 2009.
- [13] 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,” 信学論 (D), Vol. J90-D, No.4, pp.1085–1095,



(a)  $\lambda = 0.0$

(b)  $\lambda = 0.4$

(c)  $\lambda = 0.6$

(d)  $\lambda = 0.8$

図 14 移動物体除去の失敗例．重み  $\lambda$  が大きいほど，見た目が小さい移動物体の除去性能は低下する．

Apr. 2007.

- [14] D. Rueckert, L.I. Sonoda, C. Hayes, D.L.G. Hill, M.O. Leach, and D.J. Hawkes, "Nonrigid Registration Using Free-form Deformations: Application to Breast MR Images," IEEE Trans. on Medical Images, Vol.18, No.8, pp.712–721, Aug. 1999.
- [15] J. Astola, P. Haavisto, and Y. Neuvo, "Vector Median Filters," Proc. of the IEEE, Vol.78, No.4, pp.678–689, Apr. 1990.