

# 空撮画像を基準とした車載カメラ画像のモザイクングによる 道路画像生成手法の検討

野田 雅文<sup>†</sup> 高橋 友和<sup>†,††</sup> 出口 大輔<sup>†</sup> 井手 一郎<sup>†</sup> 村瀬 洋<sup>†</sup>  
小島 祥子<sup>†,†††</sup> 内藤 貴志<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> 名古屋大学 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

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

<sup>†††</sup> (株)豊田中央研究所 〒480-1192 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41-1

E-mail: <sup>†</sup>{mnoda,ddeguchi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, <sup>††</sup>ttakahashi@gifu.shotoku.ac.jp,  
<sup>†††</sup>{yoshiko-k,naito}@mosk.tytlabs.co.jp

あらまし 近年、正確なカーナビゲーションを行うため、高精度な位置や走行に関する情報が付随した地図が必要とされている。本研究では、このような道路に関する地図の1つである道路面のみからなる道路画像を生成することを目的とする。正確な区画線や路面標示の情報を得るため、高解像度かつ道路面に車両などの遮蔽を含まない高品質な道路画像が必要となる。そのため、本報告では空撮画像と車載カメラ画像を用いて道路画像を生成する手法を提案する。提案手法では、空撮画像を基準として用い、時系列の車載カメラ画像を対応付けることで、道路領域のモザイクングを行い、高品質な道路画像を生成する。実際に撮影した空撮画像、車載カメラ画像を用いて実験を行った結果、提案手法によって道路画像を生成することができた。しかしながら、車載カメラ画像中の駐車車両による遮蔽の残留や不自然な画像合成などが問題としてみられた。

キーワード ITS, 道路画像生成, 車載カメラ画像, 空撮画像

## A Study on Road Image Generation by Mosaicing of In-Vehicle Camera Images Using Aerial Image as a Reference

Masafumi NODA<sup>†</sup>, Tomokazu TAKAHASHI<sup>†,††</sup>, Daisuke DEGUCHI<sup>†</sup>, Ichiro IDE<sup>†</sup>,

Hiroshi MURASE<sup>†</sup>, Yoshiko KOJIMA<sup>†,†††</sup>, and Takashi NAITO<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8601 Japan

<sup>††</sup> Gifu Shotoku Gakuen University Nakauzura 1-38, Gifu, Gifu, 500-8288 Japan

<sup>†††</sup> Toyota Central Research & Development Laboratories, Inc. Nagakute, Aichi, 480-1192, Japan

E-mail: <sup>†</sup>{mnoda,ddeguchi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, <sup>††</sup>ttakahashi@gifu.shotoku.ac.jp,  
<sup>†††</sup>{yoshiko-k,naito}@mosk.tytlabs.co.jp

**Abstract** For intelligent car navigation systems, we aim to generate a “bird’s-eye road image”. The proposed method performs mosaicing of an in-vehicle camera image sequence using an aerial image as a reference. We confirmed the effectiveness of the proposed method through experiments, although several problems were confirmed.

[Note] This document is an informal handout distributed at an IEICE TC-PRMU workshop.

**Key words** ITS, road image generation, in-vehicle camera image, aerial image

### 1. はじめに

#### 1.1 背景と目的

近年、高精度な位置情報をはじめとした様々な情報が付随し

た地図が必要とされている。特に、自動車の走行に関する道路情報が付随した地図は高度カーナビゲーションにおいて重要である。本研究では、このような道路に関する地図の1つである道路面のみからなる道路画像(図1)を生成することを目的と

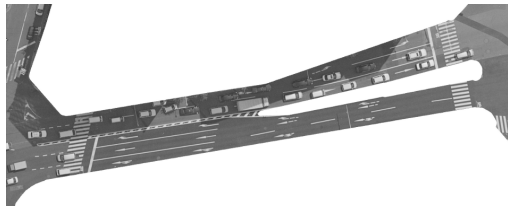


図 1: 道路画像

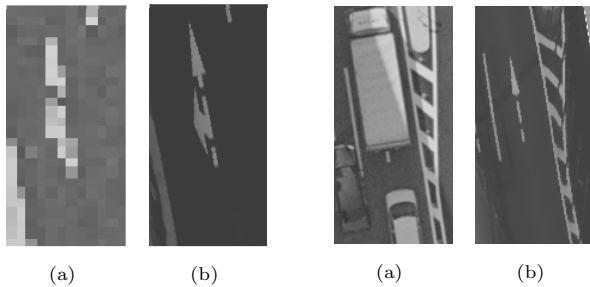


図 2: 道路画像の高解像度化

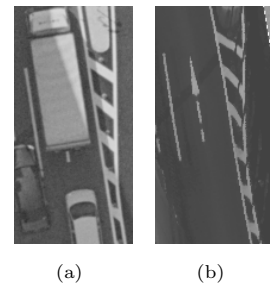


図 3: 道路画像中の遮蔽の除去

する。

道路面は、自動車の走行に必要な走行領域を示す区画線や走行方向を指示する路面標示といった重要な情報を含んでいる。このような道路面に存在する情報を収集し、データベース化しておくことで、その路面標示の位置や意味に基づき、ドライバアシストをはじめとした様々なサービスを提供することができる。これらの情報は、道路面から収集するため、高解像度かつ道路面に車両などの遮蔽を含まない高品質な道路画像が必要となる。また、道路画像には正確な位置情報が付随していなければならない。

道路画像を得るための単純な手段として、空撮画像から道路領域を切り出す方法が考えられる。しかしながら、実際に得られる空撮画像は低解像度（図 2(a)）であったり、車両などによる道路面の遮蔽（図 3(a)）が含まれることが多い。また、道路面の状態は日々変化するため、空撮画像を定期的に撮影する必要がある。しかしながら、そのコストは高い。そのため、本研究では車載カメラ画像中の道路領域を繋ぎあわせることで、高品質な道路画像を生成することを考える。

車載カメラ画像中の道路面領域は高解像度かつ、自車直前の領域には遮蔽が少ないと考えられる。そのため、高解像度かつ遮蔽のない道路画像（図 2(b), 3(b)）を得ることができる。このような手法で最も重要な点は、車載カメラ画像の正確な繋ぎあわせが必要なことである。これは、人手による測量や、高精度な計測装置を搭載した専用車両を用いることで達成できるが、そのコストは非常に高い。そのため、本研究では車載カメラを搭載した一般車両が走行することによって低コストに道路画像を生成することを目指す。

本報告では、高品質な道路地図を生成するため、図 4 に示すように、低品質な空撮画像を基準とし、車載カメラ画像中の道路領域を繋ぎあわせることで、高品質な道路画像を生成する手法を提案する。

## 1.2 関連研究

本研究では、図 4 に示すように、車載カメラから撮影され

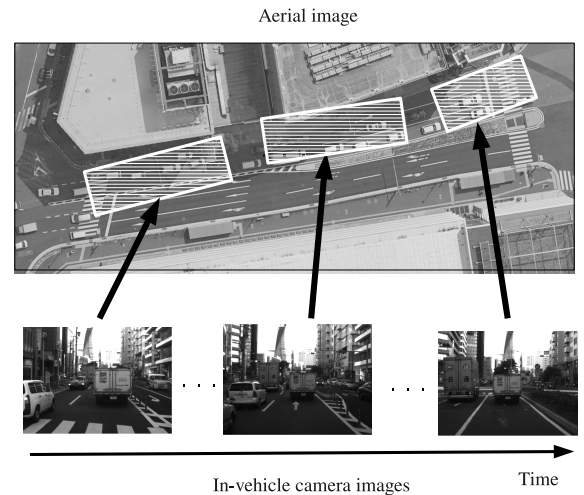


図 4: 車載カメラ画像のモザイクングによる道路画像の生成

た車載カメラ画像中の道路面を繋ぎあわせることで広範囲の道路画像を生成する。このような処理は画像モザイクングとして知られている。本研究で扱う移動するカメラから撮影した画像のモザイクング手法は、これまでに多数多く提案されている [1] [2]。これらの画像モザイクング手法は、カメラの移動パラメータを時系列で求め、画像を繋ぎ合わせる箇所を特定することが基本となる。

Geiger らは、車両の動きを推定することにより、車載カメラ画像中の道路面をモザイクングする手法を提案している [3]。しかしながら、車両の動き推定には累積誤差が伴うため、広範囲の道路画像の生成は困難となる。実際に、彼らは交差点内という狭い範囲の道路面のみを対象としている。このような累積誤差の影響を防ぐためには、画像をモザイクングする箇所の基準となる基準画像を用いることが考えられる。

基準画像を用いた画像モザイクングの研究として、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) から撮影された空撮画像を用いた研究が行われている [4] ~ [7]。これらの研究では、空撮画像をより広範囲を撮影した衛星画像を基準画像として対応付けることによって、キロメートル単位という広範囲の空撮画像のモザイクングを行うことができる。しかしながら、これらの研究は空撮画像と衛星画像のように撮影条件が近い画像間の対応付けであること、各画像には市街地全体や森といった対応付けに有効なテクスチャが豊富な領域が含まれること、を前提としている。これに対して、本研究では空撮画像を位置合わせの基準として車載カメラ画像を対応付ける。しかし、撮影条件が大きく異なったり、テクスチャの乏しい道路領域しか対応付けに利用できないため、これらの手法をそのまま適用することは難しい。

一方、Pink ら [8] や著者ら [9] は、車載カメラ画像と空撮画像を対応付けることによって自車位置を推定する手法を提案している。これらの研究の目的は本研究と異なるが、これらの手法によって推定された結果を用いて、車載カメラ画像のモザイクングを行うことも可能である。これらの研究では、道路面上に存在する路面標示から抽出した特徴点を用いて、画像間を対応付けている。しかしながら、特徴点を用いた手法は空撮画像が高解像度であり、道路面に車両などの遮蔽が含まれていないこ

とを前提としているため、本研究で扱う低解像度や、道路面に遮蔽が含まれる空撮画像では精度良く対応付けることは難しい。

そこで本研究では、空撮画像が低解像度であったり、道路面に遮蔽が存在する場合でも各画像を対応付け、広範囲の道路画像を生成する手法を提案する。

以降、2節では提案する空撮画像を基準とした車載カメラ画像のモザイクングによる道路画像の生成手法について述べる。3節では、提案手法により生成した道路画像の実験結果を示し、考察を加える。最後に4節にて本報告をまとめる。

## 2. 提案手法

提案手法は、連続する時系列の車載カメラ画像をモザイクングすることによって、道路画像を生成する。高品質な車載カメラ画像のモザイクングは、空撮画像を基準として各時刻の車載カメラ画像を対応付けることによって行う。提案手法の工夫点を以下に示す。

(1) 路面標示に着目した車載カメラ画像と空撮画像の対応付け：本研究で扱う空撮画像中の道路面は、低解像度であったり、車両などの遮蔽を含む。提案手法では、画像レジストレーション [10] を行うことによって、車載カメラ画像中の道路領域と空撮画像間の対応付けを行う。ここで、道路面上に存在する路面標示に着目し、これを高精度に対応付けるような重みを、レジストレーションの評価関数に導入する。

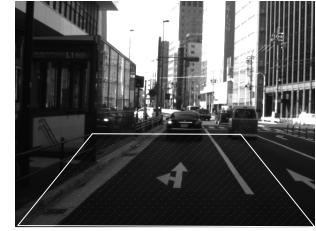
(2) 対応付けの初期パラメータの推定：画像間のレジストレーションは、対応付けのパラメータを最適化手法により求めることで行われる。ここで、適切な初期パラメータを設定することは重要である。提案手法では、車載カメラ画像中の道路領域と空撮画像の対応関係が時間に対して連続的に変化することを利用し、前時刻の対応付け結果と連続するフレーム間の対応付けから初期パラメータを求める。

(3) 対応付けに用いるキーフレームの自動選択：時系列の車載カメラ画像中には、路面標示が存在しない区間が存在する。このような区間において、車載カメラ画像を空撮画像と対応付けることは困難である。そのため、空撮画像と対応付けやすい車載カメラ画像のみをキーフレームとして選択して用いる。本報告では、このようなキーフレームを自動で選択する。

### 2.1 手法の流れ

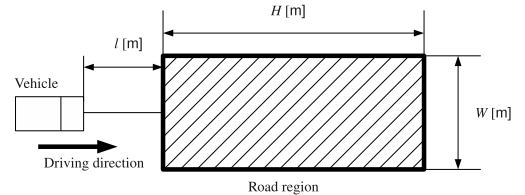
入力として、更新対象とする道路面領域を含む空撮画像  $J$  と、対応する道路面上を走行した際に撮影した車載カメラ画像系列  $I_t$  ( $t = 1, \dots, T$ ) を用いる。時刻  $t$  における車載カメラ画像を  $I_t$  とし、系列は  $T$  フレームからなる。

はじめに、車載カメラ画像系列の中から空撮画像と対応付けやすいフレームをキーフレームとして選択する。次にキーフレームとして選択した車載カメラ画像をレジストレーションにより空撮画像に対応付け、その車載カメラ画像が空撮画像のどの箇所に対応するかを求める。このとき、連続する時刻の車載カメラ画像間の対応付けにより、レジストレーションの初期パラメータを求める。最後に、対応付け結果を用いて、系列全体の車載カメラ画像のモザイクングを行い、道路画像を生成する。



Road region  $\mathcal{R}(I_t)$

(a) 車載カメラ画像中の道路面領域



(b) 仮想的な車両と道路面のモデル

図 5: 対応付けに用いる道路面領域

### 2.2 道路領域

本研究では、対応付けに用いる車載カメラ画像  $I_t$  中の道路領域  $\mathcal{R}(I_t)$  を図 5 に示すように定義する。図 5(a) に示す道路領域は、図 5(b) に示す車両の前方  $l$  m の  $W \times H$  m の領域である。また、道路面を平面と仮定し、カメラは道路面ならびに進行方向に対して平行に設置し、道路面からの高さを  $h$  m、画角  $a^\circ$  とする。以上のパラメータを用いて、図 5(b) の 3 次元空間中の道路領域を図 5(a) に示す車載カメラ画像中の道路領域  $\mathcal{R}(I_t)$  に変換する射影変換行列を求める。

以降の処理では、 $\mathcal{R}(I_t)$  に含まれる画素のみを処理の対象とする。また、本研究では道路領域  $\mathcal{R}(I_t)$  中には前方車両などの遮蔽は存在しないものとする。

### 2.3 キーフレーム選択

車載カメラ画像中の道路面に路面標示が存在しない場合、空撮画像との対応付けが困難となる。そのため、対応付けやすいフレームのみをキーフレームとして選択し、対応付けに用いる。

提案手法では、車載カメラ画像系列を等間隔の  $N$  区間に分割し、各区間からキーフレームを選択する。各区間において選択したキーフレームの時刻を  $t'_n$  ( $n = 1, \dots, N$ ) と表す。選択基準として、各区間において車載カメラ画像中の道路面に含まれる路面標示の面積が最大となるフレームをキーフレームとする。これは、単純に路面標示が多く存在するほど、空撮画像と対応付けやすいという仮定による。本報告では、輝度に対するしきい値  $\rho$  以上の値を持つ画素を路面標示とする。

### 2.4 車載カメラ画像と空撮画像の対応付け

車載カメラ画像  $I_t$  と空撮画像  $J$  は、平面射影変換行列  $\mathbf{H}_t$  により対応付くものと仮定する。キーフレームとして選択された車載カメラ画像に対してこの対応付けを行う。提案手法では、キーフレームの時刻  $t'_n$  における  $\mathbf{H}_{t'_n}$  を求めるため、画像間のレジストレーション [10] を行う。レジストレーションでは、初期パラメータ  $\mathbf{H}_{t'_n}^{(0)}$  を与え、最適化手法により  $\mathbf{H}_{t'_n}$  を求める。

このとき、 $\mathbf{H}_{t'_n}^{(0)}$  の設定が悪いと良好な  $\mathbf{H}_{t'_n}$  が求まらない．そのため、提案手法では  $\mathbf{H}_t$  が時間に対して連続的に変化することを利用し、連続するフレーム間の対応付けによって尤もらしい初期パラメータ  $\mathbf{H}_{t'_n}$  を求める．

#### 2.4.1 初期パラメータの推定

初期パラメータ  $\mathbf{H}_{t'_n}^{(0)}$  を連続するフレーム間の対応付けによって求める．ただし、対応付けは車載カメラ画像中の道路領域のみを対象とする．連続する時刻  $t-1$  と  $t$  における車載カメラ画像間の変化を平面射影変換  $\mathbf{M}_t$  と表す．このとき、隣り合うキーフレーム間の関係を次式に示す．

$$\mathbf{H}_{t'_n}^{(0)} = \mathbf{M}_{t'_n-1} \mathbf{M}_{t'_n-2} \cdots \mathbf{H}_{t'_n-1} \quad (1)$$

連続するフレームは、照明条件などが等しいと仮定し、任意の画像間対応付け手法を用いて、 $\mathbf{M}_t$  を求める．本報告では、次節で述べる車載カメラ画像と空撮画像の対応付け手法と同様のものを用いる．

#### 2.4.2 レジストレーションによる画像間の対応付け

車載カメラ画像  $I_t$  と空撮画像  $J$  の対応付けを以下の目的関数を最小化する画像レジストレーションにより行う．

$$\epsilon(\mathbf{H}_{t'_n}) = \sum_{\mathbf{x} \in \mathcal{R}(I_{t'_n})} w(I_{t'_n}(\mathbf{x}))(I_{t'_n}(\mathbf{x}) - J(\mathbf{H}_{t'_n} \mathbf{x}))^2 \quad (2)$$

ここで、2.2 節で述べた  $\mathcal{R}(I_{t'_n})$  は、時刻  $t'_n$  における車載カメラ画像  $I_{t'_n}$  中の道路領域を示す．車載カメラ画像  $I_{t'_n}$  中の座標  $\mathbf{x} = [x, y, 1]^T$  に対応する空撮画像中の座標  $\mathbf{H}_{t'_n} \mathbf{x}$  を次式で表す．

$$\mathbf{H}_{t'_n} \mathbf{x} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 & h_3 \\ h_4 & h_5 & h_6 \\ h_7 & h_8 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

また、 $w(\mathbf{x})$  は重み関数を表し、以下で定義する．

$$w(I_{t'_n}(\mathbf{x})) = \begin{cases} \omega & I_{t'_n}(\mathbf{x}) > \theta \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

これは、画像中の路面標示を精度良く対応付けるために導入する重み関数である．路面標示は道路面中で高い輝度を持つため、提案手法ではしきい値  $\theta$  の輝度の画素を路面標示とする．そして、路面標示の画素に対して重み  $\omega (> 1)$  を高く設定し、画像間の対応付けを行う．

提案手法では、最急降下法 [11] を用いて目的関数である式 (2) を最小化する  $\mathbf{H}_{t'_n}$  のパラメータ  $[h_1, \dots, h_8]$  を求める．

#### 2.5 モザイクキング

図 6 に示すように、各時刻の車載カメラ画像中の道路面をモザイクキングすることによって、道路画像を生成する．モザイクキングは、 $\mathbf{H}_t$  ( $t = 1, \dots, T$ ) を用いて、各時刻の車載カメラ画像中の道路領域を空撮画像の座標系に変換し、貼り合わせることによって行う．張りあわせを行う際は、時刻の新しい画像により上書きする．任意の時刻  $t$  における  $\mathbf{H}_t$  ( $t'_{n-1} \leq t < t'_n$ ) は、近傍のキーフレームにおける  $\mathbf{H}_{t'_{n-1}}$ ,  $\mathbf{H}_{t'_n}$  のパラメータを線形補間した上で求める．

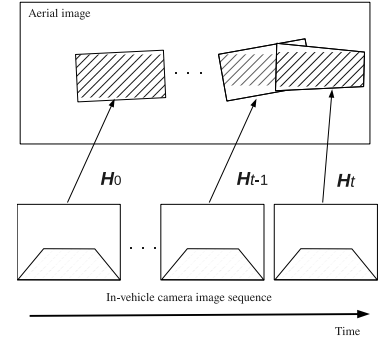


図 6: 車載カメラ画像のモザイクキング

### 3. 実験

実際に撮影した車載カメラ画像及び空撮画像を用いて、提案手法により道路画像の生成を行った．

#### 3.1 実験条件

本実験では、2つのデータセットを用いた．図 7 に車載カメラ画像系列の一部を、図 9(a), 10(a) にこれらの系列に対応する道路領域をハイライトで表示した空撮画像を示す．

実験に用いた空撮画像について述べる．図 9(a) に示すデータセット 1 を用いた実験では、1 pixel あたり約 0.75m である低解像度の空撮画像を基準として用い、高解像度化に対する提案手法の有効性を調査した．データセット 1 の道路面中には遮蔽は含まれていない．一方、図 10(a) に示すデータセット 2 を用いた実験では、道路画像に含まれる車両などによる遮蔽の除去に対する有効性を調査した．このデータセットの空撮画像の解像度は、1pixel あたり約 0.15m であり、道路面の遮蔽領域は対象とした道路面領域の約 16%であった．

実験に用いた車載カメラ画像の解像度は  $640 \times 480$  pixels、フレームレートは 30fps であった．いずれのデータセットにおいても車載カメラ画像系列に 500 ( $= T$ ) フレームを用いた．車載カメラの設置条件は、 $W = 10, H = 20, l = 5, h = 1.6, a = 36$  とした．他のパラメータについては、予備実験により  $\omega = 10, \theta = 100, \rho = 150$  と設定した． $N = 10$  としてキーフレームを選択した．なお、車載カメラ画像系列の最初と最後は必ずキーフレームとした．また、最初のフレームにおける車載カメラ画像と空撮画像の対応付けの初期パラメータ  $\mathbf{H}_1^{(0)}$  を人手により与えた．

また、生成した道路画像の位置に関する正確性を評価するため、結果として得られた画像中の同じ箇所を示す水準点の位置の平均誤差を評価値とした．本実験では、水準点として道路領域中に存在する路面標示の端点などのユニークな箇所をプロットした．図 8 に用いた水準点の例を示す．

#### 3.2 実験結果と考察

図 9(b), 10(b) に提案手法により生成した道路画像を示す．

##### 3.2.1 高解像度化

図 9(b) に示すデータセット 1 では、元の空撮画像の解像度である約 0.75m/pixel から、約 0.1m/pixel の解像度まで高解像度化できることを確認した．図 11 に、同地点における元の



(a) データセット 1



(b) データセット 2

図 7: 車載カメラ画像系列

画像とモザイクング結果の一部を拡大したものを示す。この図より、元の解像度では形状が不鮮明であった路面標示が、高解像度化により鮮明になったことが確認できる。また、各画像から水準点を 60 点プロットし、その位置に対する平均誤差を求めた結果、約 1.6m であった。本報告では、車載カメラ画像と空撮画像を精度良く対応付けるため、レジストレーション時に路面標示を考慮した重み関数を加える工夫を行った。今後は、より高精度に対応付けるため、車載カメラ画像と空撮画像の解像度の違いを考慮した重み関数の導入を検討している。

### 3.2.2 遮蔽の除去

図 10(b) に示すように、データセット 2 では元の道路画像に含まれていた車両などによる遮蔽を除去することができた。また、各画像から水準点を 40 点プロットし、その位置に対する平均誤差を求めた結果、約 2.4m であった。生成した道路画像中に含まれる遮蔽の割合は、約 7% であった。車両の進行方向に相当する道路の中央付近では、車載カメラ画像中の遮蔽のない道路領域を良好にモザイクングできたことが分かる。一方で、図 12 に示すように、生成した道路画像中に車載カメラ画像中に存在した駐車車両が残留する箇所が見られた。生成した道路画像中に含まれる遮蔽の大部分が、このような残留した遮蔽であった。このため、車載カメラ画像中からの車両検出や、複数回の走行データのモザイクング結果の統合を行うことによって対応することを検討している。

図 13 に、同地点における原画像とモザイクング結果の一部を拡大したものを示す。この図より、路面標示を遮蔽していた車両が除去され、路面標示が視認できるようになっていることが分かる。しかしながら、同地点の画像を切り出したにも関わらず、路面標示の位置ずれが発生していることが確認できる。これは車載カメラ画像と空撮画像を対応付ける際に、車両などの路面上の物体が悪影響を及ぼしたためである。そのため、あらかじめ車両などを検出し、除去した上でモザイクングすることで改善できると考える。

### 3.2.3 他の問題点

実験結果から確認された他の問題点について述べる。図 14 に、本来直線である区画線が大きく歪んでしまった箇所を示す。これは車線変更に伴い、車両の速度や動きが大きく変化したことが原因であると考えられる。そのため、車両の大きな運動を

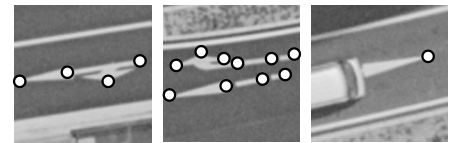
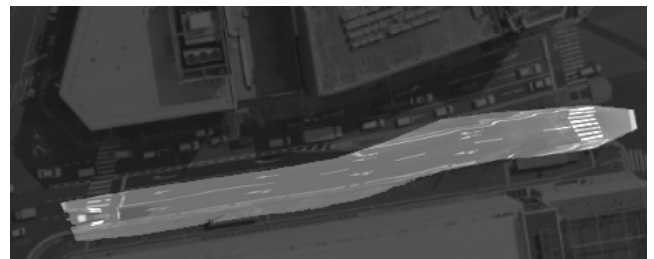


図 8: 水準点：図中の印により表す。



(a) 原画像：対象とした道路領域をハイライトで表示する。



(b) 生成した道路画像：ハイライトで表示する。

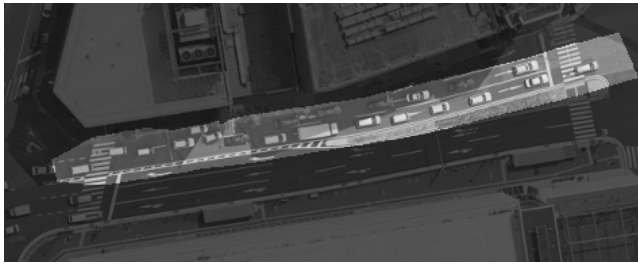
図 9: データセット 1: 空撮画像

考慮したモザイクング手法が必要であると考えられる。

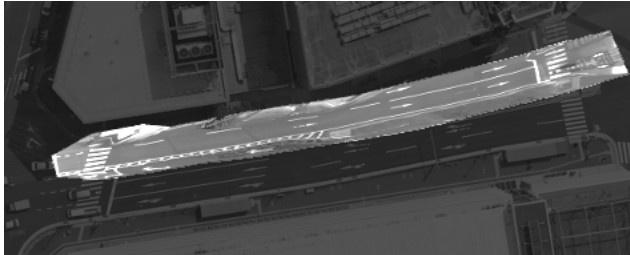
また、車載カメラ画像が撮影された場所によって、周辺の建物による影の影響で道路面の輝度が異なること、モザイクング時に画像のエッジが不連続になること、などが見られた。今後は、より自然な道路画像の生成手法も検討する。

## 4. ま と め

本研究は、高品質な道路画像を生成することを目的とした。本報告では、空撮画像を基準とし、車載カメラ画像中の道路領域を繋ぎあわせることで、高品質な道路画像を生成する手法を提案した。実験の結果、提案手法によって生成した道路画像において、空撮画像中の道路領域の高解像度化、遮蔽の除去を確認した。しかしながら、車載カメラ画像中の駐車車両による遮

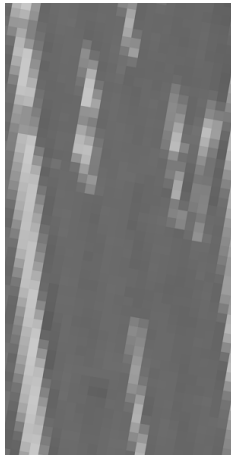


(a) 原画像：対象とした道路領域をハイライトで表示する．

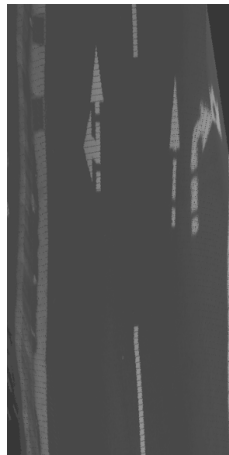


(b) 生成した道路画像：ハイライトで表示する．

図 10: データセット 2: 空撮画像



(a) 原画像



(b) 生成した道路画像

図 11: 高解像度化

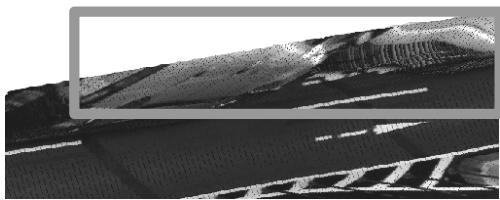


図 12: 遮蔽の残留：矩形で示す．

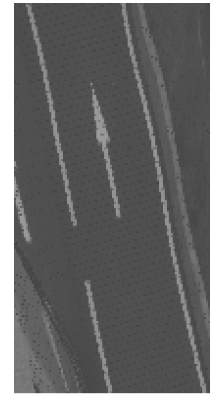
蔽の残留や不自然な画像合成などが問題と見られた．そのため、今後は車載カメラ画像と空撮画像間をより高精度に対応付けるレジストレーションや、車両検出などを行うことによって、より高品質な道路画像の生成を目指す．

## 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



(a) 原画像



(b) 生成した道路画像

図 13: 遮蔽の除去

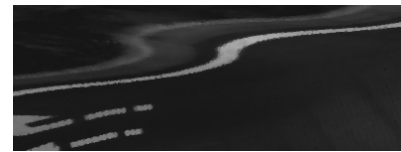


図 14: 区画線の歪み

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．

## 文 献

- [1] R. Szeliski, "Image mosaicing for tele-reality applications," Proc. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp.230–236, Dec. 1994.
- [2] D. Capel, Image mosaicing and super-resolution (Cphc/Bcs distinguished dissertations.), Springer-Verlag, 2004.
- [3] A. Geiger, "Monocular road mosaicing for urban environments," Proc. Intelligent Vehicles Symp., pp.140–145, Jun. 2009.
- [4] A. Camargo, R.R. Schultz, and Q. He, "Super-resolution mosaicing of unmanned aircraft system (UAS) surveillance video using Levenberg Marquardt (LM) algorithm," Proc. Int. Symp. on Visual Computing, pp.698–706, Nov. 2010.
- [5] F. Caballero, L. Merino, J. Ferruz, and A. Ollero, "Unmanned aerial vehicle localization based on monocular vision and online mosaicing," J. Intelligent Robotics System, vol.55, pp.323–343, 2009.
- [6] Y. Lin and G. Medioni, "Map-enhanced UAV image sequence registration and synchronization of multiple image sequences," Proc. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1–7, Jun. 2007.
- [7] 西村 孝, 藤吉弘巨, "空撮画像と衛星画像のレジストレーションによる道路状況把握のための車両移動方向の可視化," 情報処理学会 研究報告 CVIM 163, pp.129–136, 2008.
- [8] O. Pink, F. Moosmann, and A. Bachmann, "Visual features for vehicle localization and ego-motion estimation," Proc. Intelligent Vehicles Symp., pp.254–260, Jun. 2009.
- [9] M. Noda, T. Takahashi, D. Deguchi, I. Ide, H. Murase, Y. Kojima, and T. Naito, "Vehicle ego-localization by matching in-vehicle camera images to an aerial image," Proc. ACCV2010 Workshop on Computer Vision in Vehicle Technology: From Earth to Mars, pp.1–10, Nov. 2009.
- [10] B. Zitova, "Image registration methods: a survey," Image and Vision Computing, vol.21, no.11, pp.977–1000, 2003.
- [11] S. Baker and I. Matthews, "Lucas-Kanade 20 years on: A unifying framework," Int. J. Computer Vision, vol.56, no.1, pp.221–255, 2004.