社団法人 情報処理学会 研究報告
IPSJ SIG Technical Report

2008－CVIM－163 (19)
2008／5／8

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

西村 孝† 藤吉 弘亘†

†中部大学 大学院 工学研究科
E-mail:takashi@vision.cs.chubu.ac.jp, hf@cs.chubu.ac.jp

あらまし 本稿では，空撮画像の特徴点追跡結果と衛星画像のレジストレーションにより得られる射影変換行列を用いて，空撮画像から移動体を検出し，移動方向の可視化を衛星画像上に行う手法について述べる．提案手法は，空撮画像と衛星画像のレジストレーションを SIFT と HOG 特徴量を用いて行う．これにより，建物や季節の変化に頑健なレジストレーションが可能となる．また，得られる射影変換行列と空撮画像の特徴点追跡結果を用いて，車両等の移動体を検出する．検出された移動体の移動方向を対応する色で可視化し，衛星画像上に重畳表示する．空撮画像の移動体検出は，道路を走行中の車両は等速運動であると仮定し，その条件を満たす追跡点を検出する．これにより，特徴点追跡結果から，車両等の移動体を安定して検出する事が可能となる．提案手法は，衛星画像の 1 枚の画像で広域な自動車の流れを把握可能であり，移動体の地図上の位置と移動方向や速度を算出可能となる．このような可視化は，速やかに災害時の道路状況や避難経路の確認のための情報として期待できる．

A Novel Approach to Aerial Image Sequence Registration and Visualization of Moving Objects for Displaying Road Conditions

Takashi Nishimura† Hironobu Fujiyoshi†

†Dept. of Computer Science, Chubu University
E-mail:takashi@vision.cs.chubu.ac.jp, hf@cs.chubu.ac.jp

Abstract We present a method of registering a sequence of consecutive images taken from an airborne sensor into a mosaic, as well as a method for visualizing moving objects on the aerial images, thus providing information about traffic conditions following a disaster. Our approach uses features obtained from histograms of oriented gradients (HOG) and the scale invariant feature transform (SIFT) to register both the aerial images and a large satellite image. Since the SIFT is used to find keypoints for image registration and the HOG is used to localize these points by using local texture information, we registered a precise image sequence even though the images were not captured at the same time. We then applied moving object detection on the basis of the results of tracking the points from the registered images and visualized them on the satellite image. We present the results on a real image sequences from a helicopter, and show that visualization moving objects is a useful way to displaying road conditions over a wide area in a disaster situation.

1 はじめに

大規模な自然災害による被災地区の救助，支援活動を行うに当たり，避難経路の確認や被災者の避難状況を，広域に一括して把握することは重要である．この問題に対処するため，ITS(Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム) に関する研究が行われており，近年では，道路を撮影したカメラの映像中から画像処理技術を用いて道路状況

を把握する研究が盛んに行われている．浦部らは，災害前に撮影した衛星画像と災害後の空撮画像を用いて，森林領域，道路領域，砂領域，土砂領域を検出し，災害前と災害後の画像を比較することにより道路閉塞状況を解析する手法 [1] を提案している．また，秦らは車載の GPS を利用したプローブカーを用いて，“通れた道路マップ”を作成する手法 [2] を提案している．しかし，現在のプローブカーでは，情報センターと通信するためのネットワーク利用のコストが高く，GPS による走行履歴を個々で蓄積して管理しているため，情報収集に時間がかかり，短時間で道路状況を把握することが困難である．

本研究では，短時間で道路状況を把握するために，被災時に出動するヘリコプターで撮影した空撮画像を対象とする．ヘリコプターによる空撮画像は，広範囲を短時間で撮影可能であるため，短時間で道路状況が把握できる．本研究では，時系列空撮画像と衛星画像のレジストレーションを行い，レジストレーションで得られる平面射影行列と特徴点追跡結果を用いて移動体を検出する手法を提案する．また，検出した移動体の移動方向を対応する色で可視化する手法を提案する．提案手法の流れを図 1 に示す．提案手法により生成されるこの可視化画像の情報は，災害時における適切な救助活動や誘導への利用が期待できる．

本稿では，2 章に従来手法による空撮画像と衛星画像のレジストレーションについて述べ，3 章では，提案手法について述べる．4 章で移動体検出と可視化手法を，5 章では，実際にヘリコプターで撮影した空撮画像による可視化例を示す．

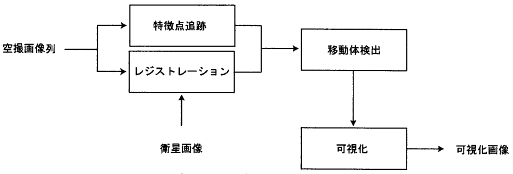


図 1: 可視化画像生成までの流れ

2 空撮画像と衛星画像のレジストレーションにおける問題

空撮画像と衛星画像では撮影時期が異なるため図 2 に示すように，同じ場所を撮影していても画像に以下の変化が生じる．

- 季節や撮影カメラの違いのよる色分布の変化

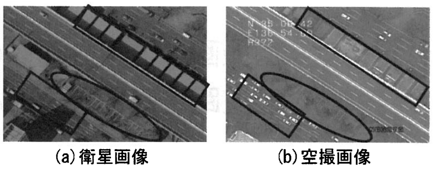


図 2: 空撮画像と衛星画像の違い

- 車両等の移動物体の有無

そのため，同一場所にも関わらず，空撮画像と衛星画像のレジストレーションは困難な問題である．この問題を解決するために，Y.Lin らは相互情報量を用いた画像のレジストレーション手法 [3] を提案している．この手法は，手動で初期フレームにおける空撮画像と衛星画像の位置関係を与えておき，その後のフレームはイメージモザイキングを用いることで，空撮画像と衛星画像の対応点探索領域を限定することが可能である．そのため，画像サイズが大きい衛星画像におけるレジストレーションを高速に行うことができる．本研究では，被災時にリアルタイムで道路状況を広域に把握する必要があるため，Y.Lin らが提案したフレームワークを用いる．図 3 に Y.Lin らが提案した処理手順を示す．

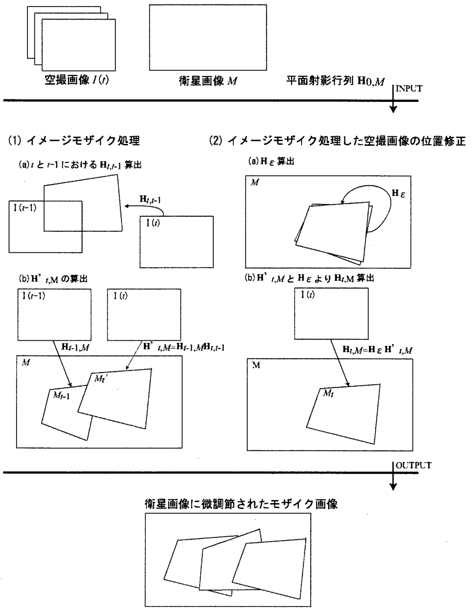


図 3: 従来手法 [3] の流れ

処理工程は大きく 2 つに分けることができる．目的は，t フレームにおける空撮画像 I_t と衛星画像 M

のレジストレーションを行う平面射影行列 $\mathbf{H}_{t,M}$ を求めることである．

Step1 空撮画像 I_t から I_{t-1} への平面射影行列 $\mathbf{H}_{t,t-1}$ と I_{t-1} から衛星画像 M への平面射影行列 $\mathbf{H}_{t-1,M}$ を用いて，I_t から M への平面射影行列 $\mathbf{H}'_{t,M}$ を推定する．

Step2 $\mathbf{H}'_{t,M}$ により空撮画像 I_t を衛星画像 M へ射影した画像 M'_t を用いて，衛星画像 M との対応点探索により位置ずれを修正して $\mathbf{H}_{t,M}$ を求める．

以下に詳細を述べる．

2.1 Step1：イメージモザイク処理

空撮画像 I_t と I_{t-1} 間の対応点を Scale Invariant Feature Transform（SIFT）[4] により求めて，RANSAC によりモザイクに用いる対応点を決定する．

$t-1$ フレームのレジストレーション結果 $\mathbf{H}_{t-1,M}$ と I_t を I_{t-1} に射影する $\mathbf{H}_{t,t-1}$ により I_t と衛星画像のレジストレーションを大まかに推定できる．t フレーム目の画像を衛星画像に射影する平面射影行列は畳み込むことにより得られる．

$$\mathbf{H}'_{t,M} = \mathbf{H}_{t-1,M}\mathbf{H}_{t,t-1} = \mathbf{H}_{0,M}\prod_{k=1}^{t}\mathbf{H}_{k,k-1} \quad (1)$$

$\mathbf{H}'_{t,M}$ は，0 フレームのレジストレーション結果に I しかし，衛星画像と位置合わせをするのは I_0 のみであるため，処理フレームが増加するにつれ誤差が大きくなる．そこで，衛星画像とのレジストレーション位置を大まかに推定した $\mathbf{H}'_{t,M}$ から，衛星画像と対応点を求めて誤差を修正した $\mathbf{H}_{t,M}$ を求める．以下に，相互情報量を用いたレジストレーション手法について示す．

2.2 Step2：相互情報量を用いたレジストレーション

イメージモザイクによる空撮画像 I_t と衛星画像 M の位置合わせでは，衛星画像との対応点を用いて位置合わせを行っていないため，平面射影行列 $\mathbf{H}'_{t,M}$ には誤差が伝播する．誤差を修正するためには，空撮画像 I_t と衛星画像 M の対応点探索が必要である．そこで，Step1 で求めた M'_t と重なる領域の衛星画像を切り取り，対応点を探索することで，M'_t からの位置ずれを修正する．

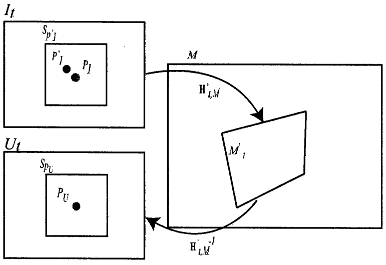


図 4: 相互情報量を用いた位置修正

2.2.1 衛星画像の切り取り

画像 M'_t に重なる領域の衛星画像を切り取り，平面射影行列 $\mathbf{H}'^{-1}_{t,M}$ により，空撮画像 I_t と同じ形に変形した画像 U_t を作成する．

2.2.2 対応点探索

M'_t からの位置あわせである $\mathbf{H}_\epsilon$ を求めるには，図 4 に示す，画像 U_t と I_t との対応点探索により求める．Harris Corner Detector を用いて衛星画像を切り取った U_t の特徴点 P_U を検出し，U_t と I_t の対応点を求める，これは，特徴点 P_U を中心とする領域 S_{P_U} と相互情報量が高くなる領域 $S_{P'_I}$ を画像 I_t から見つける問題となる．領域 S_{P_U} と $S_{P'_I}$ の相互情報量 $MI(S_{P_U}$ と $S_{P'_I})$ を式 (2) より求める．

$$MI(S_{P_U}; S_{P'_i}) = H(S_{P_U}) + H(S_{P'_i}) - H(S_{P_U}, S_{P'_i}) \quad (2)$$

$H(S_{P_U}), H(S_{P'_i})$ は $S_{P_U}, S_{P'_i}$ のエントロピー，$H(S_{P_U}, S_{P'_i})$ は S_{P_U} と $S_{P'_i}$ の結合エントロピーである．すなわち S_{P_U} と $S_{P'_i}$ の特徴量が類似していれば相互情報量は大きくなる．対応する領域を求めるため，$S_{P'_I}$ と同じ領域の S_{P_K} を作成し $S_{P'_I}$ 内の全ピクセルの S_{P_K} から相互情報量 $MI(S_{P_K}, S_{P_U})$ を求める．そして，式 (3) に示すように，求めた相互情報量が一番高い S_{P_K} を探索し，S_{P_K} の中心を P_U の対応点 P_I とする．

$$P_I = arg \max_{P_K \epsilon S_{P'_I}} MI(S_{P_K}, S_{P_U}) \quad (3)$$

最後に，RANSAC により $\mathbf{H}_\epsilon$ を求めて次式より $\mathbf{H}_{t,M}$ を算出する．

$$\mathbf{H}_{t,M} = \mathbf{H}_\epsilon \mathbf{H}'_{t,M} \quad (4)$$

図 5: 従来手法 [3] による空撮画像と衛星画像のレジストレーション例

2.3 従来手法の問題点

図 5 に従来手法のレジストレーション結果を示す．画像中の黒丸白丸は，空撮画像上と衛星画像上の同じ道路を同一の色で示している．相互情報量を用いた画像のレジストレーションでは，空撮画像と衛星画像にずれが生じている．これは，相互情報量が図 2 に示したように，空撮画像と衛星画像の見え方の違いに頑健ではないため，対応点探索で誤対応が多くなるからである．

3 提案手法

高精度なレジストレーションを行うためには，Y.Lin らが提案したフレームワークにおける 2.2.2 で示す対応点探索を検討する必要がある．そこで，本稿では，SIFT により検出した特徴点に対して Histograms of Oriented Gradients（HOG）[5] 特徴量を用いた対応点探索法を提案する．SIFT は画像の回転やスケールに不変な特徴点と特徴量を抽出する手法である．しかし，局所領域の特徴量記述を行うため，テクスチャの変化に敏感である．一方，HOG 特徴量とは輝度勾配をヒストグラム化した領域的な特徴量であるため，画像の変化の影響を受けにくい．以下に，HOG 特徴量の算出方法を述べ，SIFT と HOG による対応点探索手法を述べる．

3.1 Histograms of Oriented Gradients

HOG とは，局所領域における輝度の勾配方向をヒストグラム化した特徴ベクトルであり，物体の形状を表すことが可能である．近接画素の勾配を局所領域によってヒストグラム化するため，照明の影響を受けにくく，局所的な幾何学変化に頑健という特徴がある．まず最初に，各ピクセルの輝度 L から勾配強度 m と勾配方向 θ を次式より算出する．

$$m(x,y) = \sqrt{f_x(x,y)^2 + f_y(x,y)^2} \tag{5}$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1}\left(\frac{f_y(x,y)}{f_x(x,y)}\right) \tag{6}$$

$$\begin{cases} f_x(x,y) = L(x+1,y) - L(x-1,y) \\ f_y(x,y) = L(x,y+1) - L(x,y-1) \end{cases} \tag{7}$$

次に，算出された勾配強度 m と勾配方向 θ を用いて，セル領域において，輝度の勾配方向ヒストグラムを作成する．今回は勾配方向を 20° ずつに分割することにより 18 方向の勾配方向ヒストグラムを得る．最後に，次式によりブロック領域毎に特徴量を正規化して抽出する．

$$v = \frac{v}{\sqrt{(\sum_{i=0}^{k} v(i))^2 + \varepsilon}} \quad (\varepsilon = 1) \tag{8}$$

ここで，v は HOG 特徴量，k はブロック内の HOG 特徴量の数，ε は分母が 0 の場合に計算不能になることを防ぐ係数である．ブロックは 1 セルずつ移動させながら HOG 特徴量の抽出を行う．今回は，領域を 90×72 ピクセルとして，横方向に 9 ブロック，縦方向に 7 ブロック，合計 63 ブロックに対して正規化を行う．各ブロックごとに正規化された HOG 特徴ベクトルは，63 ブロック $\times$ 72 個 $= 4,536$ 個となる．

3.2 SIFT と HOG による対応点探索

提案手法による対応点探索では，図 6 に示している衛星画像を切り抜いた画像 U_t から SIFT により検出した特徴点座標 P_U を算出する．次に，算出された特徴点と同じ座標を中心とした空撮画像領域 $S_{P_I'}$ から HOG 特徴量により対応点探索を行う．探

索の結果，HOG 特徴量を算出し，一定値以上の信頼度の高い対応点を用いて平面射影行列を再計算してレジストレーションを行う．以下に対応点探索の流れを示す．

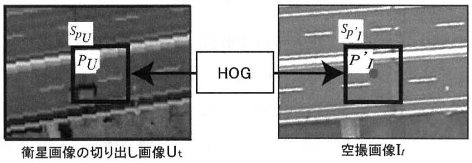


図 6: HOG 特徴量算出領域

Step1 切り抜いた画像 U_t で SIFT による特徴点 P_U を検出する．

Step2 空撮画像 I_t の候補対応点 P'_I は，Step1 で求めた U_t の特徴点 P_U と同一座標に投影する．

Step3 画像 U_t の特徴点 P_U を中心に領域 S_{P_U} で HOG 特徴量と，画像 I_t の候補対応点 P'_I を中心領域 $S_{P'_I}$ 内にある全ピクセル P_K から HOG 特徴量を算出する．

Step4 特徴点 P_U と P_K の特徴量をそれぞれ V_{P_U}，V_{P_K} とすると，特徴量間のユークリッド距離 d を式 (9) により算出する．特徴点 P_U の対応点 P'_I は式 (10) に示すように，特徴量のユークリッド距離が最小となる P_K を対応点とする．P_K のユークリッド距離 d がしきい値より大きい場合は，誤対応を防ぐためリジェクトする．

Step5 Step4 で求めた対応点から RANSAC により，平面射影行列の再計算を行い，2.2.2 で示す $\mathbf{H}'_{t,M}$ と $\mathbf{H}_\epsilon$ から I_t と M のレジストレーションを行う平面射影行列 $\mathbf{H}_{t,M}$ を算出する．提案手法では，Step4 で画像間の変化が大きい対応点をリジェクトしているため，従来手法より対応点の RANSAC によるアウトライアの除去数は少ない．誤対応の危険が高い対応点をあらかじめリジェクトしておくことで，レジストレーション精度は向上する．また，RANSAC のイタレーション回数が少なくなるため，処理コストを下げることができる．

$$d(V_{P_U}, V_{P_K}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{4536}(V_{P_U} - V_{P_K})^2} \quad (9)$$

$$P_I = arg \min_{P_K \epsilon S_{P'_I}} d(V_{P_U}, V_{P_K}) \quad (10)$$

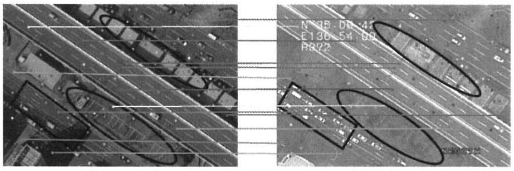


図 7: 提案手法による対応点探索

図 7 に対応点探索例を示す．提案手法は，黒丸の領域では空撮画像と衛星画像の撮影期間が異なるため，画像に変化があり，対応点を検出できない．しかし，空撮画像と衛星画像の色分布が異なっていても，SIFT によりレジストレーションに有効な特徴点を算出し，HOG 特徴量の類似度を基に対応点探索を行ったため，画像に変化のない領域では有効な対応点を検出することが可能である．また，従来手法の特徴点検出である Harris Corner Detector は，エッジ上のコーナーを検出するため，衛星画像と空撮画像間の変化が大きい建物や木などに多く出やすい．しかし，提案手法である SIFT 特徴点は，エッジ上のみではなく，テスクチャの少ない領域からも特徴点を抽出することができるため，道路上や空き地など季節などの変化が少ない領域から特徴点を抽出することができる．

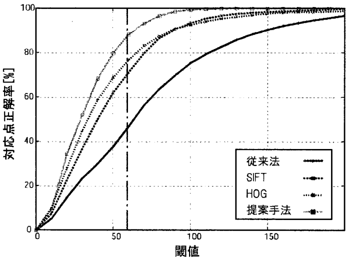
3.3 レジストレーション実験

提案手法の有効性を示すために，衛星画像 (7819 × 2213[pixel]) と空撮画像 (704 × 464[pixel]) の対応点精度の評価実験を行う．手動で与えた真値と対応点の位置ずれをユークリッド距離により求め，真値との距離がしきい値以内の対応点を正解として正解率を算出する．

3.3.1 実験概要

評価対象として以下の手法との比較を行う．

- **手法 1**：相互情報量を用いたレジストレーション (従来手法)
- **手法 2**：SIFT 特徴点による特徴量を用いたレジストレーション
- **手法 3**：格子状の特徴点による HOG 類似度用いたレジストレーション
- **手法 4**：SIFT 特徴点による HOG 特徴量の類似度を用いたレジストレーション (提案手法)



正解率[%]（閾値60）	
従来法[1]	46.8
SIFT	71.0
HOG	76.7
提案手法	88.2

図 8: 対応点正解率

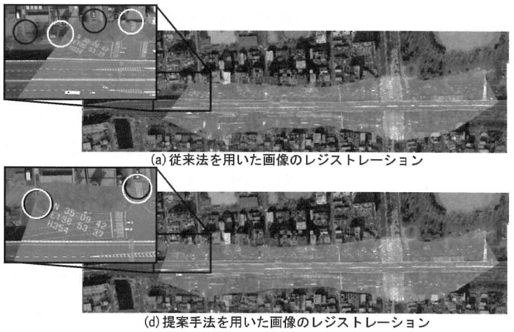


図 9: レジストレーションの結果

3.3.2 実験結果

図8に対応点正解率の結果を示す．対応点正解率は閾値を60[pixel]としたとき，提案手法は従来手法に比べ，正解率を41.4％向上させることができた．これはレジストレーションに有効なSIFTで求めた特徴点を中心とした局所的領域の特徴量にHOGを用いることで，空撮画像と衛星画像の対応点探索の精度を向上させることができたといえる．

図9に従来手法と提案手法によるレジストレーションを行った結果を示す．画像中の黒丸を衛星写真の目印となる場所とし，白丸は空撮画像上における黒丸と同じ場所を示している．また，図9より，従来手法では，最終フレーム付近より空撮画像と衛星画像の間にずれが生じている．一方，提案手法では有効な対応点探索を行っているため，最終フレームまで高精度なレジストレーションができていることがわかる．

4 移動体検出と移動方向の可視化

空撮画像から自動車などの移動体を検出して，移動体が移動した経路と移動方向を対応する色により可視化する．また，可視化結果を衛星画像上に重畳表示する手法を示す．以下に，移動体検出手法について示す．

4.1 空撮画像の移動体検出

空撮画像を特徴点追跡し，衛星画像とのレジストレーションで得られた平面射影行列を用いて，追跡点を衛星画像座標に射影する．空撮画像の背景を追跡した点は，衛星画像座標上では移動量を観測できないが，移動体上を追跡した点は衛星画像座標においても，移動量を観測することができる．空撮画像の特徴点追跡結果から，衛星画像座標上の移動量を観測できる追跡点のみを抽出することにより，移動体の動きを検出することができる．空撮画像の特徴点追跡は，SIFT特徴量に基づくMean-Shift探索による特徴点追跡[6]を用いる．追跡結果を用いて移動体上の追跡点を抽出する．そのために，tフレームにおける，空撮画像と衛星画像のレジストレーションで求めた平面射影行列$\mathbf{H}_{t,M}$と特徴点追跡結果$\mathbf{x}_t = (u_t, v_t)$を用いて，衛星画像座標上に射影した追跡点$\mathbf{x}'_t = (u'_t, v'_t)$を次式により求める．

$$\mathbf{X}'_t = \mathbf{H}_{t,M}\mathbf{X}_t \tag{11}$$

X'_tはx'_tのX_tはx_tの同次座標系である．これにより，衛星画像座標上の追跡点$\mathbf{x}'_t$の移動量を観測することで，移動体上の追跡点のみを抽出することができる．しかし，衛星画像とのレジストレーションの誤差や平面射影変換の誤差により，背景領域の追跡点にもかかわらず移動量が発生する．そのため，移動体と誤検出してしまい，このようなアウトライアを可視化に用いると，誤った移動体の可視化となる．そこで，車両上の点と背景上の点の判別を行う．道路を走行中の車両は等速運動であり，進行方向と移動量の変化は少なく，移動変化と移動方向のばらつきは，小さくなる傾向がある．この傾向を利用し，以下の基準により移動体上の追跡点を選択する．

$$\mathbf{V}_i = (\mathbf{x}'_i - \mathbf{x}'_{i-1}) \ , \quad \cos\theta_i = \frac{\mathbf{V}_i \cdot \mathbf{V}_{i-1}}{|\mathbf{V}_i||\mathbf{V}_{i-1}|}$$

$$\text{移動量：} \ l_t = |\mathbf{x}'_0 - \mathbf{x}'_T| \tag{12}$$

$$\text{移動量変化：} \Delta l_t = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T} ||\mathbf{V}_i| - |\mathbf{V}_{i+1}|| \tag{13}$$

$$\text{移動方向変化：} \ d_t = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T} \cos\theta_i \tag{14}$$

Tは追跡フレーム数，th_l_t，$th_\Delta l_t$，th_d_tは閾値である．$l_t > th_l_t$,$\Delta l_t > th_\Delta l_t$,$d_t > th_d_t$の3つの特徴量の条件を満たさない追跡点はアウトライアとして除去する．図10の場合，追跡点Aのみが選択される．図11に移動体検出例を示す．図11(a)は，

特徴点追跡結果，図 11(b) はアウトライア除去した結果である．

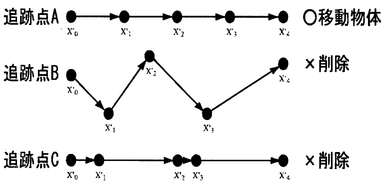
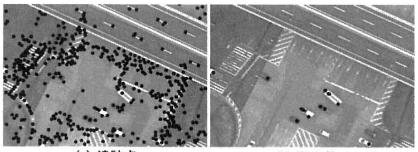


図 10: 追記軌跡結果対応点



(a) 追跡点　(b) 移動体

図 11: 追跡点のアウトライア除去例

4.2 移動方向の可視化

移動体として検出した追跡点の動きを表現するために，画像座標の移動方向に対応した色相から色を決定する．これにより，移動体の動きの流れを，移動方向に対応した色により視覚的に把握する事が可能となる．

4.2.1 HSI 空間による移動方向の色表現

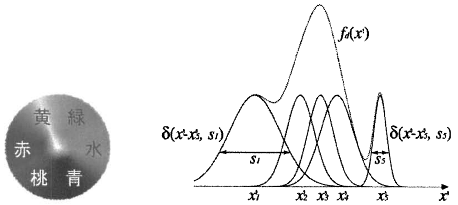
選択された追跡点の動きを表現するために，移動方向に対応した色相から色を決定する．移動方向から直接 RGB の値を計算することは難しいため，HSI 空間における色相 (hue) の値に移動方向を当てはめることで色を決定する．移動方向と色の対応を図 12(a) に示す．

4.2.2 スケールと点の密度を考慮した明度の決定

座標 $\mathbf{x}'$ における方向 d の明度 $f_d(\mathbf{x}')$ を以下の式より求める．

$$
\begin{aligned}
d &= \tan^{-1}\frac{v'_{j,i}-v'_{j-1,i}}{u'_{j,i}-u'_{j-1,i}} \\
f_d(\mathbf{x}') &= \sum_{j=1}^{t}\sum_{i=1}^{n}\delta(\mathbf{x}'-\mathbf{x}'_{j,i}, s_i) \qquad (15) \\
\delta(\mathbf{x}', s_i) &= \frac{1}{2\pi s_i^2}\exp(-\frac{\mathbf{x}'^2}{2s_i^2})
\end{aligned}
$$

n は追跡点数である．$\mathbf{x}'_{j,i}=(u'_{j,i}, v'_{j,i})$ はフレーム j における i 番目の追跡点の座標であり，Parzen Window Function である δ はガウス分布である．このときガウス分布の標準偏差として追跡点のスケール s_i を用いる．スケールは，テクスチャの少ない領域で大きくなる傾向がある．これは，テクスチャの少ない領域では，狭い範囲の画素から十分な特徴を得られないためである．テクスチャが少ない領域では，追跡点の密度が低くなるが，定数倍したスケールを用いてガウス分布を決定する事で，密度の低さを補う．図 12(b) に示すように，追跡点の密度が高い領域は移動方向に対応した色が強く表現されることになる．また，様々な移動方向が同じ程度の頻度で発生する場所では，色が混ざり合い白く表現される．



(a) 移動方向に対応した色　(b) 点の密度による色の強さ

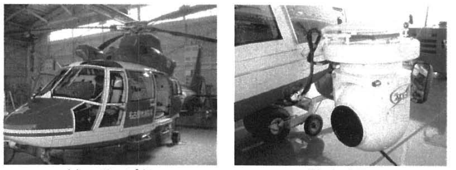
図 12: 移動方向に対応する色と密度による強さ

5 可視化実験

空撮画像を用いて提案手法による可視化により車両等の流れを把握可能か確認する．

5.1 データベース

名古屋市消防局の協力のもと，ヘリコプター (図 13(a)) を利用して，搭載されているカメラ (図 13(b)) を用いて，名古屋地区を上空約 400m で空撮撮影した．2 種類の異なる場所で撮影した時系列空撮画像を図 14 に示す．



(a) ヘリコプター　(b) カメラ

図 13: 撮影機器

実際には，災害後の空撮画像を用いるが，今回は，図 14 の時系列画像を用いて移動体の流れの可視化実験を行う．また，衛星画像に Google マップを用いる．

5.2 実験結果

図 15(a) に空撮画像と衛星画像のレジストレーション結果例を示し，図 15(b) に移動体の可視化結

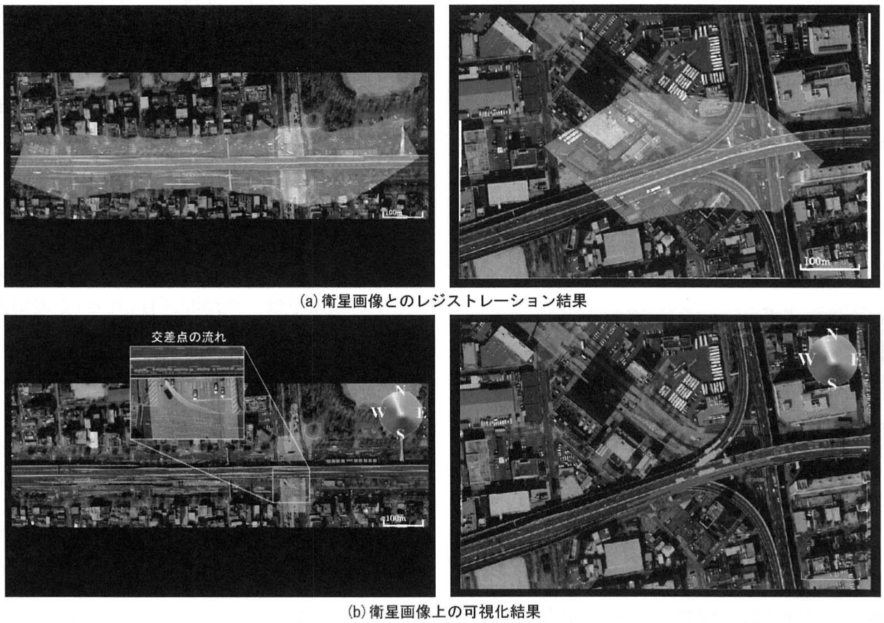


図 15: 可視化結果

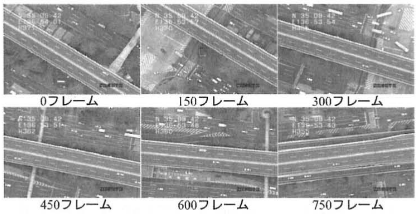


図 14: 空撮時系列画像

果を示す．高速道路上の対向する 2 車線において，進行方向が 180 度異なる 2 つの流れを把握する事ができる．また，交差点を右折する車の動きは，色が少しずつ変化しており，移動方向の変化を読み取ることができる．また，可視化に用いる色を，東西南北で対応付けることにより，どの方向に移動体が動いているかを把握することができ，特徴点の移動量から速度を算出する事が可能である．複数のヘリコプターで撮影した空撮画像を 1 枚の衛星画像上で表現可能となるため，より広域に車両等の動きの流れを把握できる．

6 おわりに

本稿では，車両等の動きの流れに注目した道路状況把握のための可視化画像生成手法を述べた．空撮画像の衛星画像レジストレーションでは，従来手法と比べて提案手法では対応点精度を 41.4 %向上することができた．今後の課題として，衛星画像とのレジストレーションにおいての初期フレームの自動化や，移動体検出精度や衛星画像と空撮画像のレジストレーションの精度向上を目指す．

参考文献

[1] 浦部和哉, 佐治斉, “航空画像を用いた災害後の道路閉塞解析”, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS2006 35-42, Vol.106, No.438, pp.7-12 (2006)

[2] 秦康範, 下羅弘樹, 鈴木猛康, 萱原愛子, 野川忠文, 今井武, 目黒公郎, 小玉乃理子, “プローブカー情報の減災利用の取組み”, 第 6 回 ITS シンポジウム 2007, pp.389-404 (2007)

[3] Yuping Lin, Qian Yu, Gerard Medioni, “Map-Enhanced UAV Image Sequence Registration”, WACV, pp.15-20 (2007)

[4] David G.Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints”, Int.Journal of Computer Vision,Vol.60, No.2, pp.91-110 (2004)

[5] N. Dalal, B. Triggs, “Histograms of Oriented Gradients for Human Detection”, International Conference on Computer Vision, pp.886-893 (2005)

[6] 都築勇司, 藤吉弘亘, 金出武雄, “SIFT 特徴量に基づく Mean-Shift 探索による特徴点追跡”, 情報処理学会論文誌 CVIM 20, Vol.49, No.SIG-6, pp.35-45 (2008)