社団法人　電子情報通信学会
THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

信学技報
TECHNICAL REPORT OF IEICE.

GPS データと経時的全方位映像群からの街並変化の検出

佐藤准嗣† 高橋友和† 井手一郎† 村瀬洋†

† 名古屋大学大学院情報科学研究科 〒 464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町
E-mail: †{jsato,ttakahashi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

あらまし ITS 技術の一環として，迅速な地図の更新に役立てるために，車載カメラから得られる実映像を用いて自動的に市街地の街並変化を検出する手法を提案する．提案手法は，様々な時期の市街地映像と地図を効率よく対応付ける段階と，対応付けられたデータから街並変化地点を検出する段階の 2 つから構成される．データの収集の際は，低コストなビデオカメラと普及型 GPS を搭載した多数の一般車両が撮影を意識することなく自由に走行し，あらゆる時期，経路の映像を得ることを想定する．そしてまず第 1 段階で，次元圧縮と DP マッチングを組み合わせた手法によって，高速な同一地点フレームの対応付けと，各フレームに付随する位置情報の高精度化を行う．そして第 2 段階において，異なる時期の映像から街並変化地点を検出する．実験では約 1 年間に渡り収集した 44 組のデータを用い，本手法の有効性を示した．

キーワード 全方位画像，固有空間法，DP マッチング

Change detection in streetscapes from GPS data and chronological omni-directional image sequences

Junji SATO†, Tomokazu TAKAHASHI†, Ichiro IDE†, and Hiroshi MURASE†

† Graduate School of Information Science, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8603 Japan
E-mail: †{jsato,ttakahashi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

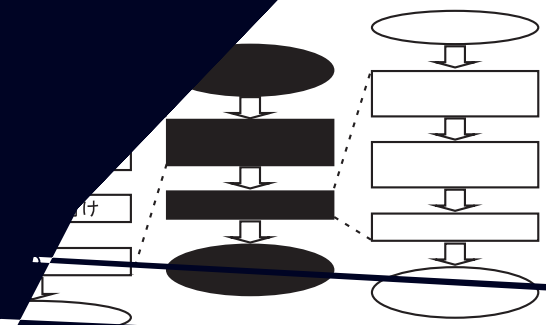
Abstract As part of ITS technology, to achieve quick map updates, we propose a method for automatically detecting changes in streetscapes from images captured by car-mounted omni-directional cameras. It comprises two stages; accurate alignment of a map and street images taken at various times, and detection of changes in streetscapes from the aligned data. The system will collect data via many free-running cars fitted with low-cost equipment to obtain images at various times and along routes. In the first stage, we process the alignment of the image frames taken at same locations and determine the accurate position information of each frame by a method composed of dimension reduction and DP matching. Then in the second stage, we detect changes in streetscapes from images taken at various times. Experiments with 44 data items which were collected over about a year, demonstrate the effectiveness of our method.

Key words Omni-directional image, Eigenspace method, DP matching

1. はじめに

近年 ITS（高度道路交通システム）の技術開発が盛んに進められている．この中でナビゲーションシステムの高度化は，ドライバにより良い情報を提供するという観点でとても重要である [1], [2]．そのため，ナビゲーションシステムで利用する地図を頻繁に更新し，常に最新の状態にしておく必要がある．しかし現在の地図製作の現場では，人手で街中をくまなく歩くことで地図更新のための情報収集を行っているため，コストが大変かかり，街並の変化に迅速に対応することは難しいのが現状である．

そこで我々は，迅速な地図の更新に役立てるために，車載カメラから得られる実映像を用いて自動的に市街地の街並変化を検出する手法を提案する．ここで街並変化とは，建物が新しく建築されることや改装されることなどを示す．提案手法は，様々な時期の市街地映像と地図上の位置情報とを効率よく対応付ける段階と，対応付けられたデータから街並変化を検出する段階の 2 つから構成される．既に，位置情報と映像を対応付け



ステムや運転シミュレーション
化 [9]〜[11] 等，様々な応用が
対応付けられたフレームを
違度を計算することによ

化の検出

の手順に従い，大量
像マップを構築し
GPS 座標付き映
の車両が全方位
図 2，3）．こ
を撮影できる
また映像と
に GPS

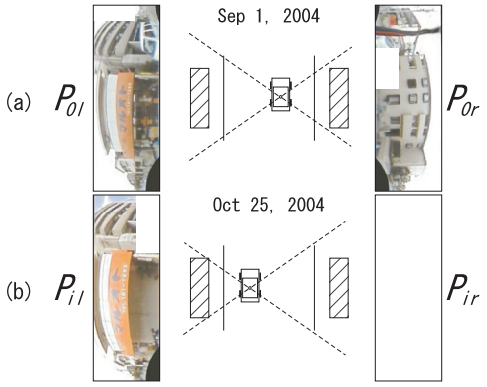


図 6　対応付けられた 2 フレームをパノラマ展開した画像：(a) は (b) に比べて右側を走行しているため，P_{0l} のほうが P_{il} よりも建物が小さく映っている．

Fig. 6　Panorama images of two aligned frames : The car in (a) runs right side while the car in (b) runs left side. So the building in P_{0l} looks smaller than in P_{il}.

を M_l，M_r とする．撮影車両の左右のずれの影響を抑制するため，以下の手順で近似的に位置合わせを行い，2 フレーム間の相違度を計算する．

（1）　P_i を映した車両が P_0 を映した車両に対して左にずれている場合（図 6），ある拡大率で P_{0l} と P_{ir} を拡大し，画像的に位置合わせをする．逆の場合は P_{il} と P_{0r} を拡大する．実際は車両がどちらにずれているかは未知なので，繰り返し処理内でこの両方を行う．

（2）　画素数をそろえるため，P_{0l}，P_{il} に対して M_l を，P_{0r}，P_{ir} に対して M_r を動かす．マスク領域の R 値，G 値，B 値を並べたベクトル $\mathbf{x}_0$，$\mathbf{x}_i$ を抽出・正規化し，相違度 $d_i(P_0, P_i) = ||\mathbf{x}_0 - \mathbf{x}_i||$ を計算

（3）　マスクを画像の 20%の範囲内で動かして（2）を複数回計算し，最も相違度の小さな値 $d_k(P_0, P_i)$ を求める

（4）　拡大率を実験的に定めた範囲で変化させて（1）～（3）を複数回計算し，相違度 $d_k(P_0, P_i)$ の最も小さな値 $d_{min}(P_0, P_i)$ をフレーム間の相違度とする

以上の処理で，ある地点に対して抽出されたフレーム群内で，基準フレーム P_0 とその他のフレームとの相違度を計算した．これがしきい値 d_T を超える場合に街並変化と判断するが，大型車両が映り込んだり，映像間対応付けが誤ってしまったりして，一時的に相違度が高くなってしまうことがある．そこで，フレーム間相違度に対して時系列方向にメディアンフィルタをかけて平滑化することにより，一時的な相違度の変化を抑制する．

3.　市街地映像マップの構築実験

3.1　実験条件

本手法を用いて，まず映像間の対応付けによる市街地映像マップの構築実験を行い，映像間対応付けの精度を評価した．実験には，約 1 年間にわたりある経路（図 7 の白丸，約 1.2km）を走行して収集した 44 組のデータを使用した．このとき最も古い映像とその他の映像との対応付けを行った．本実験のため

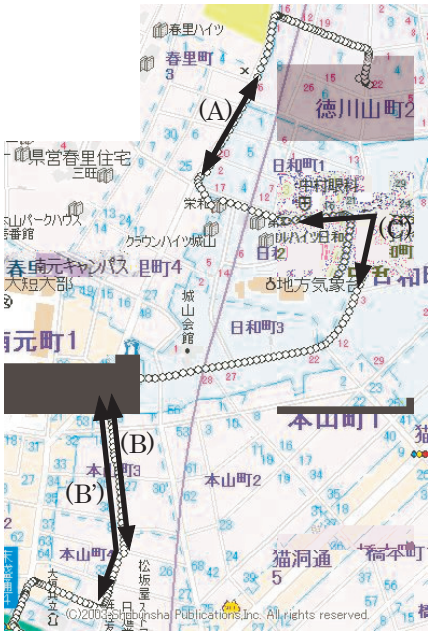


図 7　データ収集を行った経路 [16].

Fig. 7　Route taken for data collection.

に切り出した区間は，図 7 の区間 A（約 147m）と区間 B（約 170m）である．区間 A には建物の変化があり，区間 B にはそのような街並変化は存在しない．特徴ベクトルは，64,458 次元を次元圧縮によって 20 次元にした．DP マッチングに関して，式 (1) における重みを予備実験の結果から $(\omega_1, \omega_2, \omega_3) = (2, 1, 2)$ とした．また，DP マッチング結果の映像間相違度 $\hat{D}(p, q)$ に対するしきい値 d_D は，$d_D = \mu + \sigma$ とした．ここで μ は用いた全データの映像間相違度の平均値で，σ は標準偏差である．

3.2　実験結果

対応付けの正解判定は目視で行い，対応付いたフレームが最も類似したものと対応付いていた場合は正解，対応付いたフレームより類似するものが前後に存在していた場合は不正解とした．そして全フレーム中の正解フレームの割合を成功率とした．GPS には 10m 程度の誤差があるため，切り出した区間の両端は必ずしも同一地点とは限らない．よって映像の両端で，一方の映像にしか映っていない地点のフレームは評価対象外とする．実験結果の対応付け成功率を表 1 に示す．区間 A には街並変化があるため，成功率が低くなっていることがわかる．図 8 に，区間 A 上のある地点に対応付いたフレームの一部を示す．また図 8 で示した地点に対して，対応付けが成功したそれぞれのフレームに付随する GPS 座標とその平均座標を図 9 に示す．ここに示された複数の座標の標準偏差は 5.88m であった．これが，この地点で長期間観測して得られた GPS 座標の精度であると考えることができる．このような標準偏差を全フレームで平均したものを，表 1 に示す．

3.3　考　　察

本実験で用いたデータは，車両速度 40km/h 以下でフレームレート 30fps である．このとき連続する 2 つのフレームの撮影地点間の距離は 0.4m 以下となる．よって対応付けが正しく，位置情報が正確でも，平均座標は撮影車両の進行方向に対して

GPS 座標 が

以下 ことを

街並変化の検出で，建物の変化 た 4 年の

の変化を検出 ることで

1 段階で 市街

図 区間 A の 相 度の遷移．

Fig. 11 Transition of discre icies locations along ro

Zh V ervasi

(財) 日本測量

崎俊彦 相澤

FIT200 200

, 高橋友和, 井手 郎, 村瀬 : 載全方位カメラと GPS

, 和, 井手 郎, 村瀬洋 : “

”,

596-

, 谷田部智之, 池内克史, 坂内正夫 : “実世界映像の自動構造

, 信学論 82-D-II,

し 域都市 3

pp.1921-1924, Aug.

軍事運動投影モデル

3 次元構造復元”,

ing and recognition

3

出版局, 2003

谷 センサ”, 情処学コ

位ビデ

コンピュータビジョ

, vol.42, no.SIG13(CVIM3

Super Mapple Digital Ver.4 地図使

号

- 位置情報の高精度化に関して，対応付けで同一地点と認