

ランドマーク画像の類似度に基づく 位置特定システム

渡邊 絢子[†] 武田 敦志[†]

近年普及しているスマートフォンに実装されている地図機能は、GPS から得られる座標をもとに地図上の現在位置を表示しており、この機能を使用することで目的地への距離や方向を知ることができる。しかし、既存のGPS を用いたシステムには測定誤差があるため、正確な地図上の現在位置を表示できない場合がある。そこで、本稿ではカメラ画像とランドマーク画像の類似度を利用した正確な位置特定システムの提案を行う。このシステムにより、従来のGPS を用いたシステムよりも正確な位置情報を地図上に表示することが可能となる。また、カメラ画像のGPS 座標を用いて比較するランドマーク画像を絞り込むことで、システムの高速度と画像検索の精度向上が可能であることを検証した。

Location System based on Similarity of Landmark Images

Ayako Watanabe[†] and Atsushi Takeda[†]

Smartphones which include map applications have spread through the market in recent years. These applications indicate a current position using GPS. We can know the distance and the direction to the destination by using this application. However, the application using GPS can't measure the distance and the direction exactly because of a measurement error of GPS. In this paper, we propose a location system which identifies a correct position based on the similarity of a camera image and the landmark image. This system indicates the current position more correctly than conventional map application using GPS. Additionally, our system cuts down the landmark images at the similarity calculation by using a GPS coordinate of the camera image, so that computation time is reduced and correctness is improved.

1. はじめに

近年普及しているスマートフォンには地図機能が実装されている。この機能はGPS から得られる座標をもとに地図上の現在位置を表示しており、この機能を使用することで目的地への距離や方向を知ることができる。しかし、既存のGPS を用いたシステムには測定誤差があるため、正確な地図上の現在位置を表示できない場合がある。例えば、干渉物がない場所でも数m程度の誤差が生じ、干渉物の多い場所では10m以上の誤差が生じる。そこで、本稿ではカメラ画像とランドマーク画像の類似度を利用した正確な位置特定システムの提案を行う。このシステムでは、特徴的な風景を撮影したカメラ画像とあらかじめ撮影されたランドマーク画像を使用する。カメラ画像とランドマーク画像を比較し、カメラ画像と最も類似したランドマーク画像に関連付けられた位置情報を取得する。この位置情報を用いることにより、従来のGPS を用いたシステムよりも正確な位置情報を地図上に表示する。

2. 関連研究

ランドマーク画像のデータベースを用いてカメラの位置や姿勢を高速に推定する手法が提案されている^[1]。この手法では、SIFT アルゴリズム^[2]を用いて算出した特徴量ベクトルを使用して画像の類似度を計算している。また、システムの高速度を図るためにランドマーク画像へ優先度情報を付加し、比較対象となるランドマーク画像を削減している。しかし、この手法では、具体的なアプリケーション開発に必要なデータベースやシステムの設計は示されていない。そこで、本稿ではSIFT アルゴリズムを用いた位置特定システムの具体的な設計を示す。

3. ランドマーク画像を利用した位置特定システム

3.1 類似度の計算と位置特定

図1に提案システムの動作概要を示す。提案システムでは、カメラ画像とランドマーク画像の類似度を利用して正確な位置特定を行う。画像の類似度の計算では、SIFT アルゴリズムを用いて各画像の特徴量ベクトルを計算し、特徴量ベクトルのユークリッド距離が短い画像ほど類似している画像であるとした。SIFT アルゴリズムは特徴点の検出と特徴量の記述を行うアルゴリズムであり、特徴量は128次元の特徴量ベクトル

[†] 東北学院大学教養学部情報科学科
Department of Information Science, Tohoku Gakuin University

ルとして表現される。画像検索サーバにはランドマーク画像のデータベースを作成しておく。このランドマーク画像は、あらかじめ撮影された特徴的な風景の写真であり、撮影された場所の GPS 座標・撮影日時・SIFT で計算された特徴量ベクトルが関連付けられている。スマートフォンはカメラ機能と GPS 測定機能を備えており、特徴的な風景を撮影したカメラ画像とその撮影時に測定した GPS 座標を画像検索サーバに送信する。

3.2 提案システムの動作手順

特徴的な風景画像を撮影したカメラ画像をスマートフォンから画像検索サーバへ送信する。画像検索サーバでは、カメラ画像の特徴量ベクトルを算出し、算出したカメラ画像の特徴量ベクトルと画像データベース内の各ランドマーク画像の特徴量ベクトルのユークリッド距離を計算する。この時、スマートフォンで計測された GPS 座標の値を利用して比較する画像データベース内のランドマーク画像を絞り込むことにより、システムの高速化を図る。ランドマーク画像の絞り込みには、カメラ画像とランドマーク画像のユークリッド距離を用いた。カメラ画像の GPS 座標を (x_0, y_0) 、ランドマーク画像の GPS 座標を (x_i, y_i) としたとき、この 2 つの座標の類似値 L_i は

$$L_i = \frac{1}{1 + \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}}$$

となり、閾値 L_T に対して $L_i < L_T$ となったランドマーク画像のみを比較対象とする。カメラ画像と絞り込んだランドマーク画像に含まれる特徴量ベクトルのユークリッド距離を計算し、ユークリッド距離の近い上位 N 個の特徴量ベクトルを各画像から選出する。各画像から選ばれた N 個の特徴量ベクトルのユークリッド距離の平均値を計算し、この平均値が最小となるランドマーク画像をカメラ画像の最類似画像とする。このランドマーク画像に関連付けられている GPS 座標を利用することにより、スマートフォン上に正確な位置を表示する。

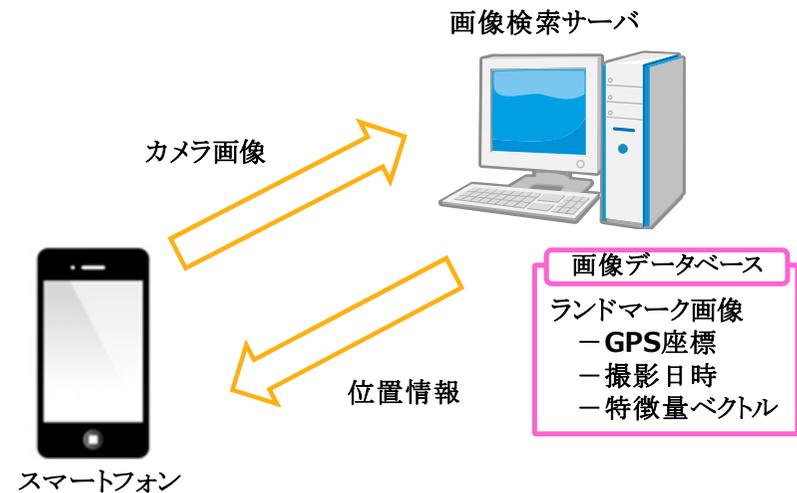


図 1 提案システムの動作概要

4. 実装

提案手法の性能を検証するため、Java を用いて提案システムを実装した。実装では、画像検索サーバとして Windows PC (CPU: Core2 Duo 2.94GHz, メモリ: 4.00GB)、スマートフォンとして iPhone4S (16GB) を使用した。また、ランドマーク画像として 2 つの離れた地域の特徴的な風景 55 枚を撮影し、これらを格納した画像データベースを画像検索サーバに構築した。これらのランドマーク画像の特徴量ベクトルをあらかじめ計算し、撮影日時・GPS 座標・特徴量ベクトルをテキストデータとして保存した。画像検索サーバではランドマーク画像の絞り込みと類似度の比較を行うが、絞り込みに用いる閾値 L_T は 0.902 とし、類似度の計算に用いる特徴量ベクトルの数 N は 50 とした。

画像検索サーバの機能は Java サーブレットとして実装した。カメラ画像の送信はスマートフォンの Web ブラウザから行い、カメラ画像を受け取った画像検索サーバは OpenCV の SIFT 実装を用いてカメラ画像の特徴量ベクトルを計算するよう実装した。

5. 実験

提案システムでは、カメラで測定された GPS 座標を用いて比較するランドマーク

画像の絞り込みを行う。そこで、このランドマーク画像の絞り込み機能による計算時間の短縮と検索精度の向上を実験により検証した。

表 1 に類似画像の検索に要する時間の計測結果を示す。類似画像の検索に要する時間は、ユーザーが撮影したカメラ画像を画像検索サーバが受信してから、類似しているランドマーク画像に関連付けられている GPS 座標を取得するまでの時間とした。表 1 は検索に要する時間を各 100 回計測したときの平均値を示している。実験結果より、ランドマーク画像を絞り込むときの平均は 15.57374 秒、ランドマーク画像を絞り込まないときの平均は 20.86704 秒となり、ランドマーク画像の絞り込み機能により計算時間を約 5 秒短縮することができた。

表 2 にランドマーク画像の検索精度の実験結果を示す。ここでは、23 枚のカメラ画像を用意し、カメラ画像と同じ場所で撮影されたランドマーク画像を検索できた回数を測定した。ランドマーク画像の絞り込み機能を有効にした場合は 21 枚のカメラ画像で検索に成功したのに対し、この機能を無効にした場合は 18 枚のカメラ画像でのみ検索に成功した。この結果より、ランドマーク画像の絞り込み機能を用いることで、ランドマーク画像の検索精度を向上できることを確認した。

また、図 2 に実装したシステムの実行結果を示す。図 2 は、スマートフォンで特徴的な風景を撮影したカメラ画像を選択し、画像検索サーバへ送信する画面と、画像検索サーバから送られてきた位置情報を地図上に表示したものである。スマートフォンから特徴的な風景を撮影したカメラ画像を送信することにより、正確な位置情報を取得することができた。

表 1 類似画像の検索に要する時間

	時間 (秒)
画像の絞り込みなし	20.86704
画像の絞り込みあり	15.57374

表 2 画像の検索精度検証結果
 (テスト用写真枚数 23 枚を用いて 23 回試行)

	成功回数	精度 (%)
画像の絞り込みなし	18	78.26086957
画像の絞り込みあり	21	91.30434783



図 2 実行結果

6. おわりに

ランドマーク画像の類似度を用いることにより、GPS による測定誤差を埋め、従来よりも正確な位置の特定するシステムを提案した。提案システムでは建物が多い場所での位置情報のずれを補正することができるようになった。カメラ画像の GPS 座標を用いて比較するランドマーク画像を絞り込むことで、システムの高速化と画像検索の精度向上が可能であることを検証した。また、提案システムを実装し、カメラ画像とランドマーク画像を使って正確な現在位置を表示できる事を確認した。今後は、ユーザーがより使いやすいシステムにするために表示画面のレイアウトやデザインを工夫必要がある。また、画像の比較の精度をより高くし、性能の高いシステムの完成を目指していきたい。

参考文献

- [1] 武富貴史, 佐藤智和, 横矢直和, 拡張現実感のための優先度情報を付加した自然特徴点ランドマークデータベースを用いた実時間カメラ位置・姿勢推定, 電子情報通信学会論文誌, vol.J92-D, No.8, pp.1440-1451, 2009.
- [2] David G. Lowe, Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, International Journal of Computer Vision, Vol. 60, No.2, pp.91-110, 2004.