

姿勢情報とカメラ画像を用いたスマートフォン向け 測位システムの特徴量しきい値の検討

打越大成^{†1} 岩本健嗣^{†1} 松本三千人^{†1}

近年の急速なスマートフォンの普及に伴って、位置情報を利用した様々なアプリケーションが開発されている。位置情報利用アプリケーションでは位置情報を利用するが、既存の位置情報取得手法は、屋内での測位が困難であったり、測位粒度や精度の問題がある。一方、人間は視覚情報から、自身の位置を比較的高精度に認識できる。そこで本研究では、カメラ画像を用いた測位手法に着目した。しかし、カメラ画像を用いた測位は計算コストが高いという欠点がある。そこで、多くのスマートフォンに搭載されている加速度、地磁気センサを用いることで、計算コストを削減し、よりスマートフォンに適したカメラ画像を用いた測位手法を提案し、目印に使う自然特徴点認識に用いる特徴量のしきい値について検討を行う。

A Study about Feature Value Threshold of Location System for Smartphone using Orientation Information and Camera Image

DAISEI UCHIKOSI^{†1} TAKESHI IWAMOTO^{†1}
MICHITO MATSUMOTO^{†1}

With the rapid spread of smartphones in recent years, various location based applications have been developed. Availability of existing location system has problems of accuracy or resolution, and difficult to positioning indoor. On the other hand, from the visual information, humans can recognize relatively high accuracy the position of its own. Therefore, in this study, we focused on the positioning method of using the camera image. But positioning method using camera image is high processing cost for smartphones. Therefore, we provide cost saving method with accelerometer and geomagnetic sensor in general smartphone. So, we will propose the positioning method for smartphone using orientation information and camera image. Especially, we investigate threshold of feature value to be used as a landmark in this paper.

1. はじめに

近年、スマートフォンが急速に普及している。スマートフォンは、電話機能や様々なアプリケーションが搭載されており、様々な目的に利用できる。また、小型軽量であるため、普段から身に付けている人も多い。GPS等の測位機能が搭載されているため、ナビゲーション等の位置情報を利用するアプリケーションと親和性が高い特徴がある。

現在、スマートフォンのナビゲーションアプリ等で利用されている測位手法は、GPSを利用する方法、電波強度を利用する方法、慣性航法装置を利用する方法の3つに分けられる。

GPSを利用する方法は、GPS衛星からの電波の伝搬時間から、衛星との距離を計算し、位置を推定する。衛星からの電波を受信し測位するため、広く利用することが出来る。しかし、屋内や地下では、衛星と端末の間に電波遮蔽物があるため、測位精度が低下したり、測位が困難となる。

電波強度を利用する方法は、電波基地局から発せられた電波が距離によって減衰することを利用して、各基地局からの距離を推定して測位したり、各地点での各電波の強度情報を予め収集しておくことで位置を予測する。Wi-Fi等

の屋内で利用されている電波を用いることで、屋内でも測位できるが、電波強度は揺らぎが大きいため、細かい粒度で測位することが困難である。

慣性航法装置を利用する方法は、加速度センサや地磁気センサ、ジャイロスコープ等を利用する。加速度センサでの加速度を計測し、地磁気センサやジャイロスコープで方向を求め、二重積分することで、初期位置からの変位を求める。屋内外問わず、応答性が高い長所を持つが、センサ値を逐次積分するため、センサ値の誤差が蓄積され、時間経過に伴い精度が悪化する欠点がある。また、位置や初速度の初期化も考慮する必要がある。

位置情報を利用するアプリケーションでは、用途に合わせ、各測位手法を適切に用いたり、複数の測位手法を組み合わせて、位置情報を取得している。しかし、これらの測位手法では、屋内で高精度に測位することが困難である。

一方、人は、屋内でも自身の位置を認識することができる。人の測位は、多くの場合、視覚情報を用いて、何か目印となるものからの距離や方位、位置関係等から自身の位置を推測している。そのため、GPSを利用する方法とは異なり、屋内でも測位することができ、電波強度を利用する方法に比べ高精度かつ、慣性航法装置を利用する方法のように、時間に経過に伴って誤差が蓄積されることもない。

^{†1} 富山県立大学
Toyama Prefectural University

そこで、本研究では、多くのスマートフォンに搭載されているカメラを用い、人と同じ様に測位することで、既存の測位手法では困難であった、屋内での高精度な測位の実現を目指す。

2. 研究概要

本章では、カメラ画像による位置推定の概要、位置推定に必要な画像特徴点と位置推定計算について述べ、本研究の提案手法と関連研究について説明する。

2.1 カメラ画像による位置推定

カメラ画像による位置推定は、カメラ画像から目印を検出し、その位置関係から位置を推定する。カメラ画像による位置推定の手順を図 1 示す。まず、カメラ画像による位置の推定を行うには、事前にどのような目印がどこにあるかを収集し、蓄積する必要がある。そして、位置推定時に、カメラ画像から目印となりそうなものを検出し、事前に収集した目印と照合することで、位置情報のある既知の目印として認識する。そして、カメラ画像上の目印の位置関係と実際の目印の位置関係から、カメラの位置を推定する。また、位置推定時に、目印となりそうな未知のものが複数の地点で検出された場合、カメラ画像上の位置関係と実際のカメラの位置から、未知のもの位置を推定することができる。そして、以後の位置推定から、位置情報が付加された既知の目印として利用することができる。

本研究では、位置推定時に未知の目印を検出し、以後の位置推定に利用する手法も視野に入れているが、まず、事前に目印を収集し、目印のデータベースを作成した上で、それを利用した位置推定を行う。

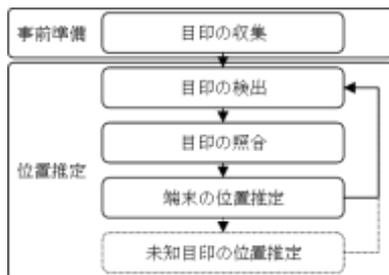


図 1 カメラ画像による位置推定の手順

2.2 画像特徴点

カメラ画像から、取得する目印には、画像特徴点を用いる。画像特徴点は、特徴点検出、特徴量記述に分けることができ、特徴点検出では、画像の中から特徴的な部分を検出し、特徴量記述では、検出された特徴点の特徴量を計算する。そして、他の点の特徴量と比較することで、点の類似度を計算できる。そのため、パノラマ写真の合成やパターンマッチングに応用されている。画像特徴点には、SIFT[1]やSURF[2]等、様々なものが存在し、それぞれ精度や計算コストが異なる。また、現在、多くの画像特徴点技

術は、スケール変化や奥行き方向を軸とした回転には強いが、3次元的な変形には弱い特徴を持つ。そのため、カメラ画像を用いた位置推定で利用するには、予め複数の角度から特徴点を収集したり、収集した特徴点から、他の姿勢の特徴量を推測する必要がある。

2.3 位置推定計算

カメラ画像を用いた測位では、2.2 節で述べた画像特徴点を元に、幾何学的に位置を推定する。本節では、位置情報が与えられた点から、位置を推定する計算について述べる。

まず、実空間上にある点 p とカメラがある場合を考える。このとき、実空間上に任意に取った 3 次元座標系を実空間座標系とし、カメラを基準に、上方向を Y 軸、レンズ向きの逆方向を Z 軸に取った 3 次元座標系をカメラ座標系とする。ある点 p の実空間座標系での座標を X, Y, Z [mm] カメラ座標系での座標を X', Y', Z' [mm] とし、実空間上のカメラ座標を t_1, t_2, t_3 [mm]、ヨー、ロール、ピッチを r_1, r_2, r_3 [rad] としたとき、各変数の関係は式 1, 2, 3, 4 で記述できる。

$$\begin{aligned} s_1 &= \sin r_1 & s_2 &= \sin r_2 & s_3 &= \sin r_3 \\ c_1 &= \cos r_1 & c_2 &= \cos r_2 & c_3 &= \cos r_3 \end{aligned} \quad (1)$$

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$= \begin{pmatrix} c_1 c_3 + s_1 s_2 s_3 & s_1 c_2 & -c_1 s_3 + s_1 s_2 c_3 & t_1 \\ -s_1 c_3 + c_1 s_2 s_3 & c_1 c_2 & s_1 s_3 + c_1 s_2 c_3 & t_2 \\ c_2 s_3 & -s_2 & c_2 c_3 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ 1 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

次に、カメラ画像の大きさを $w \times h$ [pixel] とし、焦点距離を F [pixel] とおく。また、カメラ画像上の座標系は、左上の画素を原点とし、右方向に X 軸、下方向に Y 軸とする。このとき、カメラ画像上の座標 x, y [pixel] とカメラ座標系の座標 X', Y', Z' [mm] との関係は、射影変換の関係から式 5, 6, 7 で記述できる。

$$X': -Z' = \left(x - \frac{w}{2}\right) : F \quad (5)$$

$$x = -\frac{X'}{Z'} F + \frac{w}{2} \quad (6)$$

$$y = \frac{Y'}{Z'} F - \frac{h}{2} \quad (7)$$

これらの関係から、出口ら[3]によると、カメラ画像から得られた複数の点の実空間座標系の座標を X_n, Y_n, Z_n [mm], カメラ画像上の座標を x_n, y_n [pixel]とすると、式 8, 9 を用いて、式 10 で記述できる。

$$u_n = \left(x_n - \frac{w}{2}\right) \frac{1}{F} \quad (8)$$

$$v_n = \left(y_n - \frac{h}{2}\right) \frac{1}{F} \quad (9)$$

$$\begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1 X_1 & -u_1 Y_1 & -u_1 Z_1 & -u_1 \\ \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_n X_n & -u_n Y_n & -u_n Z_n & -u_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -v_1 X_1 & -v_1 Y_1 & -v_1 Z_1 & -v_1 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -v_n X_n & -v_n Y_n & -v_n Z_n & -v_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_{11} \\ \vdots \\ m_{14} \\ m_{23} \\ \vdots \\ m_{24} \\ m_{31} \\ m_{34} \end{pmatrix} = \mathbf{0} \quad (10)$$

$$\text{式 10} \begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1 X_1 & -u_1 Y_1 & -u_1 Z_1 & -u_1 \\ \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_n X_n & -u_n Y_n & -u_n Z_n & -u_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -v_1 X_1 & -v_1 Y_1 & -v_1 Z_1 & -v_1 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -v_n X_n & -v_n Y_n & -v_n Z_n & -v_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_{11} \\ \vdots \\ m_{14} \\ m_{23} \\ \vdots \\ m_{24} \\ m_{31} \\ m_{34} \end{pmatrix} =$$

0 (10 を解くことで $m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{14}, m_{21}, m_{22}, m_{23}, m_{24}, m_{31}, m_{32}, m_{33}, m_{34}$ が求まり、カメラの位置と姿勢を推定できる。式 10 を用いて、位置を推定するには、最低 6 点の既知の特徴点を検出する必要がある。

2.4 提案手法

2.2, 2.3 節で述べた方式を用いることでカメラ画像から、位置を推定することができる。しかし、画像特徴点の計算はコストが高く、リソースに制限のあるスマートフォンでは実時間処理が困難である。そこで、本研究では、多くのスマートフォンに搭載されている、加速度、地磁気センサを用いて得られる姿勢情報を利用することで、計算コストを低減させる。本節では、計算コストを低減させる具体的な手法として、特徴量の比較数の削減と位置推定計算の簡略化について説明する。

まず、特徴量比較数の削減について説明する。加速度、地磁気センサから得られる姿勢情報は、端末のヨー(方位)、ロール、ピッチである。ヨー、ロール、ピッチがわかれば、カメラの向いている方向がわかる。そのため、姿勢情報を利用することによって、カメラが向いていない方向にある点を、特徴量同士の比較を行わずに除外することができる。特徴量の比較に比べ、姿勢情報の比較は、計算コストが低いため、計算コストを低減できる。また、姿勢情報によって比較する特徴点を除外するため、カメラ画像に写りえない点との対応を防ぐことができるため、精度の向上が図れる。

次に、位置推定計算の簡略化について述べる。姿勢情報のヨー(方位)、ロール、ピッチとは、式 1 の r_1, r_2, r_3 である。そのため、姿勢情報から $m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{21}, m_{22},$

$m_{23}, m_{31}, m_{32}, m_{33}$ を求めることができ、未知数が m_{14}, m_{24}, m_{34} になる。そして、位置推定計算は、式 11, 12, 13 となり、最低 2 点の既知の特徴点が検出できれば、位置を推定することができる。そのため、特徴点の検出数を減らしても、測位に必要な既知の特徴点数を確保できる可能性がある。特徴点検出数を減らすことができれば、検出処理コストを低減でき、検出した特徴点が減るため、求める特徴量記述数も減り、記述処理コストと比較処理コストを低減できると考えられる。

$$\begin{aligned} C_{n1} &= m_{11}X_n + m_{12}Y_n + m_{13}Z_n \\ C_{n2} &= m_{21}X_n + m_{22}Y_n + m_{23}Z_n \\ C_{n3} &= m_{31}X_n + m_{32}Y_n + m_{33}Z_n \end{aligned} \quad (11)$$

$$C_{n3} + m_{34} = -\left(x_n - \frac{w}{2}\right) \frac{C_{n1} + m_{14}}{F} \quad (12)$$

$$C_{n3} + m_{34} = -\left(y_n - \frac{h}{2}\right) \frac{C_{n2} + m_{24}}{F} \quad (13)$$

2.5 関連研究

カメラ画像による測位の研究として、拡張現実のための画像特徴点に基づくカメラパラメータ推定の高速化と高精度化に関する研究[4]や画像特徴点による特徴点データベースを用いた動画画像からのカメラ位置、姿勢推定の研究[5]等があげられる。

拡張現実のための画像特徴点に基づくカメラパラメータ推定の高速化と高精度化に関する研究では、拡張現実において、カメラの位置と姿勢を高精度に推定する必要があるが、特徴点の比較に計算時間がかかるため、高精度、高速な測位手法について研究されている。この研究では、連続フレーム間の特徴点追跡と各特徴点に優先度情報を付加することで、対応点の候補を削減し、計算コストの低減を図っている。また、高度な位置合わせが要求される場合には、全周レンジファインダを用いて取得した特徴点との距離を利用して特徴点の見え方を補正し、特徴点同士の正対応率の向上を図っている。

画像特徴点による特徴点データベースを用いた動画画像からのカメラ位置、姿勢推定の研究では、拡張現実やロボットナビゲーションの分野で、カメラの位置、姿勢が必要であり、GPS や磁気センサを用いるとカメラと同期をとることが難しいため、動画画像から検出された特徴点から位置の推定を行っている。このとき、人工的に特徴点となるものを多数配置しなければ誤差が蓄積する。しかし、人工的な特徴点を用いた場合、広範囲での利用が難しくなる問題点がある。そのため、この研究では、人工的な特徴点を使わずに測位するために、事前に撮影した動画画像から検出された特徴点を用いてカメラの位置と姿勢を推定する研究を行っている。

3. 評価システム

提案手法による特徴量の絞り込みの有効性を確認するために、スマートフォン上で動作する実験システムの実装を行った。本章では、実装環境、及び、実装時の設計、実装結果について述べる。

3.1 実装環境

提案手法による特徴量の絞り込みプログラムを Android アプリケーションとして実装した。また、測位にかかる時間を確かめるために、位置推定計算等、測位に必要な機能は全て実装を行った。

カメラ画像の取得、および、各センサ値の取得には、端末の違いを吸収するために、Java プログラムから Android API を利用し取得する。画像処理や位置推定計算は、JNI を介し、ネイティブプログラムとして実装した。実装したシステムでは、画像処理に、Open CV 2.4.3 を利用し、特徴点検出、記述には、比較的動作が高速でパテントフリーである ORB[6]を用いた。

3.2 姿勢情報による絞り込みの効率化

実装したシステムでは、姿勢情報による特徴点の絞り込みをより効率化するために、姿勢状態の離散化を行っている。特徴点毎に姿勢の遠近を確認し、絞込む場合、データベースに蓄積された特徴点数分、比較処理を行う必要がある。そこで、本システムでは、姿勢をいくつかの状態に離散化し、まとめて蓄積しておくことで、測位時の姿勢情報から、まとまった特徴量データを比較対象として選択することで効率化した。姿勢状態を2次元的な方位とした場合の離散化した例を図2に示す。図2では、方位を8状態に離散化している。このように、姿勢をいくつかの状態に離散化することで、近い姿勢状態をまとめることができ、より絞り込み処理を高速化できる。実際に実装したシステムでは、3次元での姿勢情報を14段階に離散化している。

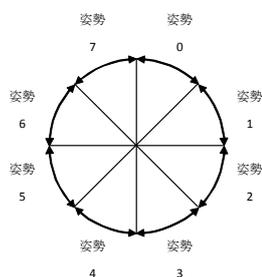


図2 姿勢状態の離散化例

3.3 近似姿勢の隔離防止

3.2 で述べた、姿勢状態の離散化を行った場合、各姿勢状態のしきい値を跨いだ近い姿勢同士が隔離され、異なる姿勢状態に割り当てられる問題が発生する。しきい値を跨いだ近い姿勢状態が離散化によって異なる姿勢状態に割

り振られてしまう例を図3に示す。そのため、本システムでは、近傍3姿勢状態の特徴量を比較することで、近い姿勢状態が異なる姿勢状態に割り振られた際、比較されなくなる事態を防ぐ。

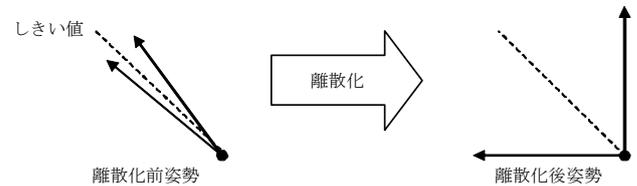


図3 近い姿勢状態が離散化されてしまう例

3.4 実験システムの性能評価

実装したシステムでは、姿勢状態を14状態に離散化し、近傍3姿勢状態の特徴量を比較している。そのため、理論的には、4.47倍(14/3)に高速化できる。しかし、実際には、絞り込み処理等が増えるため、オーバーヘッドを含めた上で、有効性を確認した。実装したシステムを用いて、姿勢情報による特徴量データベースの絞り込みの時間を確認した結果、1.25~3.37倍に高速化することができ、姿勢情報による特徴量データベースの絞り込みの有効性を確認できた[7]。また、提案手法では、特徴量検出数を削減できる可能性もあるため、更に高速化できる可能性がある。

4. 実験

3章では、スマートフォン向け位置推定システムを実装した。しかし、実装したシステムは、基本的な性能の評価にとどまり、特徴点を同一の点として判別するしきい値の考慮がされていない。本章では、特徴量比較時の適切なしきい値を検討するための実験について述べる。

4.1 実験概要

本実験は、カメラ画像から得られた特徴点と既知の特徴点の特徴量を比較するときの、適切なしきい値を検討するために行う。比較時のしきい値は、厳しく設定すれば、より正確な特徴点对応を行えるが、わずかな見え方の変化で、同一の点を同一の点として判断できなくなり、場合によっては、位置推定時に必要な2点さえ検出できなくなる。また、しきい値を緩く設定すれば、2つ以上の特徴点を既知の特徴点として容易に検出できるが、誤った対応結果になってしまう可能性がある。そのため、異なる姿勢時に、どの程度、特徴量に変化するか確認し、比較の際のしきい値を検討するための実験を行う。

異なる撮影姿勢時の特徴量変化を確認するためには、実際に、異なる姿勢で撮影したカメラ画像を用意し、特徴点検出、特徴量記述を行い、比較すればよい。ただし、この場合、正しい点同士の対応は、目視で確認する必要がある。しかし、特徴量の変化は特徴点により異なる。そのため、できる限り多くの特徴点の変化を確認することが好ましい。

しかし、目視で大量の特徴点同士の対応を確認することは困難である。

そこで、本実験では、画像を2次元的に回転させ、再びビットマップ画像にする際に発生するリサンプリングの影響で特徴量を変化させ、その時の特徴量変化を確認する。2次元的な回転であれば、回転前後の各点の移動は計算で求めることができるため、正しい点同士の対応判定を自動化できる。また、提案手法では、複数の姿勢で特徴点を収集し、姿勢情報によって近い姿勢状態の既知点の特徴量と比較を行うため、大きな3次元的な回転は発生しない。そのため、2次元的な回転による特徴量変化の確認で、十分参考になると考えられる。

4.2 実験環境

実験環境について述べる。1つの画像から検出する特徴点の最大数は300とし、画像の回転角度は-45[deg]とする。画像の回転例を図4に示す。画像の回転時には、4隅を落とすことで、意図的に誤った対応を発生させることで、誤った対応の時の特徴量距離を確認する。また、対応した点の座標が、計算によって求まる理論値から特徴点のスケール/16[pixel]以内であった場合正しい点と判断する。ORB検出、及び画像の回転にはOpenCV 2.4.5を利用する。画像は“CBCL StreetScenes Challenge Framework”を用いた。

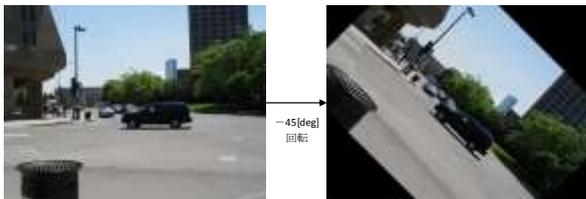


図4 画像の回転例

4.3 実験結果

実験を行った結果、1062939特徴点が検出され、727325点が正しく、335614点が誤って対応された。最近傍の特徴点同士で特徴点を対応させたときの各特徴量距離の特徴点数を図5に示す。また、このときの各点の対応の正答率を図6に示す。

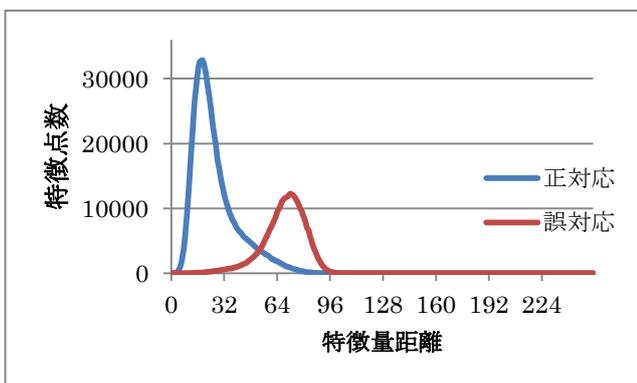


図5 各特徴量距離の最近傍特徴点ヒストグラム

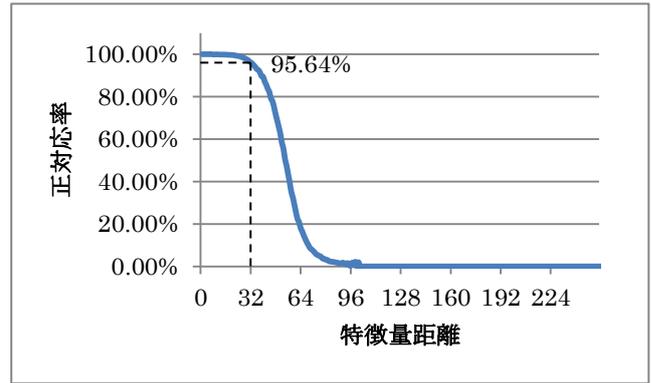


図6 各特長量距離の正対応率

4.4 考察

4.3の実験結果より、ORBを用いて、カメラ画像を用いた位置推定を行う場合、32未満の特徴量しきい値で調整することで、ほぼ正しく同じ点として判別できると考えられる。そこで、特徴量しきい値を32としたとき、実際の環境で正しい点で対応できているか確認を行った。

まず、同じ場所を写した異なる視点のカメラ画像(図7)に対し、最近傍のORB特徴量の点同士を対応させた結果を図8に示す。図8からは、明らかに違う点同士の対応が含まれていることが見て取れる。このカメラ画像に対し、特徴量距離32未満の点同士を対応させた結果を図9に示す。図9からは、ほぼ正しく、同じ点同士が対応していることがわかる。



図7 同じ場所を写した異なる視点の画像



図8 図7から最近傍の特徴量の点を対応させた画像



図 9 図 8 から特徴量距離 32 以上の対応を除外した画像

次に、異なる場所のカメラ画像 (図 10) に対し、最も近い ORB 特徴量の点同士を対応させた結果を図 11 に示す。当然、最も近い特徴量の点同士を対応させるため、同じ点が写っていない図 10 の場合、異なる点同士で対応されていることがわかる。このカメラ画像に対し、特徴量距離 32 未満の点同士を対応させた結果を図 12 に示す。図 12 から、点同士の対応がなく、正しく判別できていることがわかる。



図 10 異なる場所を写した画像



図 11 図 10 から最近傍の特徴量の点を対応させた画像



図 12 図 11 から特徴量距離 32 以上の対応を除外した画像

ただし、同一の場所を写した異なる視点のカメラ画像に対し、特徴量距離 32 未満で対応させたときに、問題があった。問題のある点を含むカメラ画像を図 13 に示す。また、

問題のある点の拡大図を図 14、図 15 に示す。



図 13 問題のある点を含む特徴点对応画像

図 14 に示された紫の円で囲まれた点は、建物の窓上の点同士の対応である。紫の円同士は、同形状の窓のほぼ同一箇所同士を対応させている。しかし、同形状の窓が複数あり、各紫の円は、図 14 の左側の画像では、3 階の窓を、右側の画像では 2 階の窓を示している。

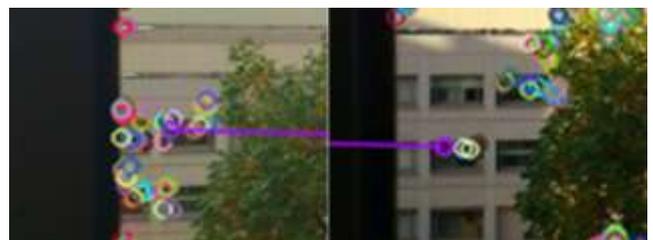


図 14 同形状のものが複数ある場合に発生する誤対応例

図 15 の水色の円で囲まれた点は、それぞれ異なる点同士が対応されているが、それ以外に、このような特徴点は位置が一意に決まらない問題がある。この点は、窓のサッシと奥の建物の角の交点に存在する。そのため、水平面を移動した場合、窓のサッシ上に存在する点のような挙動をとり、垂直方向に移動した場合、奥の建物の角上に存在する点のような挙動を取る。このような点は、既知の特徴点としてデータベースに蓄積する際に、一意の位置で保存することができない問題がある。

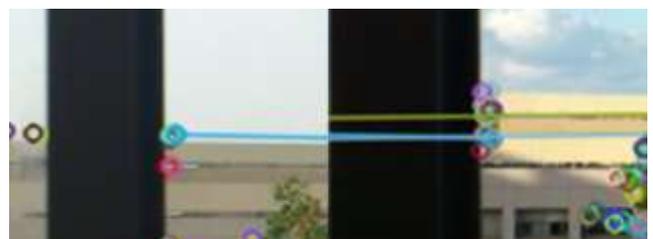


図 15 位置が一意に決まらない点の例

5. おわりに

本稿では、姿勢情報を用いたカメラ画像によるスマート

フォン向けの測位手法について説明し、位置推定時に必要な特徴量しきい値の検討を行った。しかし、同形状のものが複数ある場合に誤対応が発生する問題や、異なる場所にあるものの交点上に現れる特徴点は位置が一意に決まらず、位置推定計算に利用することが困難である問題が発覚した。今後、これらの問題を解決する必要がある。また、位置推定時に利用する特徴点データベースも多量のデータとなるため、今後、自動でデータベースを構築する方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) D. G. Lowe: Object Recognition from Local Scale-Invariant Features, International Conference on Computer Vision, Vol. 60, No. 2, pp. 91-110(1999).
- 2) H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars and L. V. Gool: Speeded-Up Robust Features (SURF), Computer Vision Image Understanding, Vol. 110, No. 3, pp. 246-259(2008).
- 3) 出口光一郎: 射影幾何学よる PnP カメラ補正問題の統一的解法, 情報処理学会コンピュータビジョン'90 ビジョンと環境理解シンポジウム論文集, Vol. 90, pp. 41-50 (1990).
- 4) 大江統子, 佐藤智和, 横矢直和: 画像特徴点によるランドマークデータベースを用いた動画像からのカメラ位置・姿勢推定, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解 104(572), pp. 19-24 (2005).
- 5) 武富貴史: 拡張現実感のためのランドマークデータベースに基づくカメラ位置・姿勢推定の高速度と高精度化に関する研究, 博士論文, 奈良先端科学技術大学院大学(2011).
- 6) E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige and G. Bradski: ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF, In Proc. International Conference on Computer Vision(2011).
- 7) 打越大成, 岩本健嗣, 松本三千人: カメラ画像と姿勢情報を利用したスマートフォン向け位置推定システムの研究, FIT2013 (第12回情報科学技術フォーラム) 講演論文集, 4冊, pp. 327-328 (2013).
- 8) CBCL StreetScenes Challenge Framework,
<http://cbcl.mit.edu/software-datasets/streetscenes/>