

## 画像マッチングによる位置特定特性に対するノイズの影響

伊藤 裕志<sup>\*1</sup>, 北爪 繭子<sup>\*2</sup>, 川崎 秀二<sup>\*3</sup>, 樋口 政和<sup>\*4</sup>, 小池 淳<sup>\*5</sup>, 村上 仁己<sup>\*5</sup>

### The Influence of the Noise on Localizaton by Image Matching

Hiroshi ITO<sup>\*1</sup>, Mayuko KITADUME<sup>\*2</sup>, Syuji KAWASAKI<sup>\*3</sup>  
Masakazu HIGUCHI<sup>\*4</sup>, Atsushi KOIKE<sup>\*5</sup>, Hitomi MURAKAMI<sup>\*5</sup>

**ABSTRACT:** In recent years, location information of people have been attracting a lot of attention as a element for construct of ubiquitous environment. Especially, high precision of that location information is very important in case of emergency. In order to realize such a high precision, technical challenges will be evaluation of the precision of GPS information of mobile phones and how to improve it using mobile phone camera. In this paper, we examine the performance of a developed matching method using correlation between motion picture data-base and still picture of mobile phone camera. In addition, the robustness of the matching method against unexpected noises due to blurring of mobile phone camera images is evaluated theoretically as well as experimentally.

**Keywords:** GPS, Mobile Phone, Camera, Image Pattern Matching, Gauss Fitting

(Received March25, 2011)

### 1. 序 論

近年, 我々の生活に位置情報が不可欠な要素となってきた。GPS による位置情報は, 目的地へのナビゲーションあるいは場所の特定等, 多様な目的に応用されている。このような位置情報の有用性をさらに向上させるには, GPS による現行方式以上の精度向上が必須となる。たとえば, 人が倒れている時等の緊急事態では, より正確な位置情報が必要となる。高精度な位置特定は, ユビキタス環境の構築のためにも現在の課題であると言える。

そこで, 我々は位置情報を得るためのツールとして, 誰でも, 24 時間保持している携帯電話が重要であると考え。現在の携帯電話は GPS 機能搭載が総務省により義務付けられており, 多くの人が GPS を搭載した携帯電話を所有している<sup>[1]</sup>。

一般的な GPS 専用機では, オープンスカイな環境での誤差は 1m 程度で, 位置特定の精度は非常に良いが, 周囲に建物等がある環境では位置情報が全く得られなくなる<sup>[2]-[5]</sup>。一方, 携帯電話 GPS は, 専用機で位置情報が得られない場所でも, 携帯電話基地局による誤差補正が行われることにより, 位置情報を取得することができる。GPS 専用機よりも携帯電話 GPS の方が精密さでは劣るが, 「位置情報が得られる確率」は高いと言える。

これらのことから, 携帯電話 GPS は人々の位置情報の取得に適していると思われる。しかし, 建物の側等, GPS 衛星からの電波が不十分な場所によっては, 大きな誤差が生じることが実験によりわかっている<sup>[3]-[6]</sup>。

上記の理由から, 携帯電話 GPS によって得られる位置情報を基に, GPS 誤差範囲内からより正確な位置特定を行う手法が提案されている<sup>[6]-[10]</sup>。GPS 情報とセンサを併用する手法や, 携帯電話カメラ画像を用いた手法等である。しかし, センサを用いる手法はセンサをインフラとして設置しなければならない難点がある。

そこで筆者らは, 携帯電話カメラで撮影された静止画と, 建物等を撮影した動画像によるデータベースとのマッチングを行い, それらの相関から撮影者の位置特定を

\*1: 情報科学科学部学生

\*2: 理工学研究科理工学専攻博士前期課程

\*3: 情報科学科ユビキタス工学研究室客員研究員

\*4: 情報科学科博士研究員

\*5: 情報科学科教授 (hi-murakami@st.seikei.ac.jp)

行う手法を提案した<sup>[11]-[15]</sup>。データベースとして、代表的な建物を動画像で撮影し、この範囲で携帯電話カメラでも同じ建物を撮影する。すると、携帯電話カメラで撮影した画像領域は、データベース動画像内の連続した数フレームに映っている。この連続フレームと携帯電話カメラ画像との類似度は、他のフレームと比べ高くなるため、携帯電話カメラ画像と各フレームの類似度を求め、連続して類似度が高い範囲を検出することで携帯電話カメラの撮影範囲を特定するという考え方である（以降、この方法を相関関数法と称する）。

実際にこの手法を用いた位置特定を行ったところ、少なくとも 78% の場所において、建物側での携帯電話 GPS の誤差範囲である半径 100[m] の円の面積を、約 193 分の 1 の 163[m<sup>2</sup>] にまで絞り込むことができた。これはデータベースの動画像とカメラ画像間での相関関数法が、GPS で特定する位置よりもさらに位置検出精度向上の可能性を示唆する結果と言える。

この実験は、データベースと携帯電話カメラ画像の撮影をほぼ同じ条件で行っていたため、日差しの変動や撮影場所のずれ等の撮影環境の変動に対する、位置特定精度の特性評価が行われていなかった。そこで実際にこの提案手法が実用的であるかを確認するため、(i) 撮影場所のずれ、(ii) 撮影事故、(iii) 日差しの変化、等、撮影条件の変動に対して、位置検出精度がどの程度ロバストであるか、多様な撮影条件で特性評価実験を行った。

本論文では、データベースを撮影した基本条件からの変動をノイズと定義し、上記(i)、(ii)、(iii)のノイズの位置精度への影響を、理論的、実験的に検討した。

## 2. 画像マッチングによる位置特定手法

相関関数法ではデータベース動画像と携帯電話カメラ画像を撮影し、マッチングを行う。データベース動画は、建物から 10m 離れた位置で、建物に対し平行に一定速度で移動しながら撮影を行う。マッチング方法は以下のプロセスでデータベースの各フレームと入力画像のマッチングを行い、それぞれ相関係数を求める。

- ① データベース動画の各フレームと入力画像を白黒画像に変換する。
- ② 各々の画像でエッジ検出を行う。
- ③ 式(1)より、相関係数を計算する。

$$\text{Correlation} = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M (f(m,n) - \bar{f})(g(m,n) - \bar{g})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M (f(m,n) - \bar{f})^2} \sqrt{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M (g(m,n) - \bar{g})^2}} \quad \dots(1)$$

ここで、

$N$  : 縦方向の画素数(240 画素)

$M$  : 横方向の画素数(240 画素)

$f(m,n)$  : 携帯電話カメラ画像の画素値(静止画)

$g(m,n)$  : データベースである動画像の各フレームの画素値

となる。相関係数は、まず携帯電話のカメラ画像をデータベース中の画像との比較を行い、横方向と、さらにこの横方向で指定された各場所で、奥行き方向である縦方向に分け計算をする。

- ④ また縦方向について詳細に解析するために携帯電話カメラ画像の拡大処理を式(2)より行い、パターンマッチングを行う。

$$\hat{u}(x, y) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} u(i, j) \phi(x-i, y-j) \quad \dots(2)$$

ここで補間関数は、

$$\phi(x, y) = \phi(x) \phi(y) \quad \phi : 1 \text{次元補間関数とする。}$$

- ⑤ 実験で得られた相関係数により位置を特定する。

図 1、図 2 は、データベース画像の位置と入力画像の位置が一致している場合の相関係数のグラフである。図 1 は、縦軸が相関係数値、横軸が動画像のフレーム数を表しており、各フレームと入力画像の横方向の相関係数をプロットしたものである。図 2 は、図 1 のグラフでピーク値をとったフレームでの、入力画像の拡大倍率を変化させた時の縦方向の相関係数をプロットしたものである。縦軸が拡大倍率、横軸が相関係数を表す。

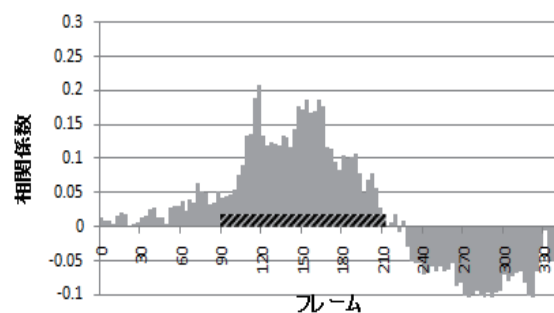


図 1 相関係数のグラフの一例 (横方向)

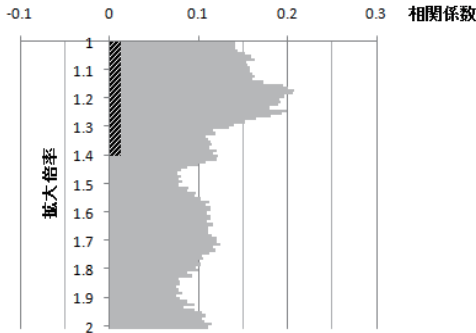


図2 相関係数のグラフの一例（縦方向）

データベースの位置と入力画像の撮影場所が一致している場合、多くのケースでグラフに山のような形が見られ、山のある部分（図1斜線部）で撮影が行われていると推定できる。そのため、斜線部のフレーム時間と動画撮影の移動速度の積で得られる距離が、横方向の範囲として特定できる。また、縦方向に関しても同様に、一致している部分で山の形が見られた。このため、相関係数グラフの山の幅の拡大倍率と撮影地点から撮影対象までの距離=10[m]との積が、縦方向の特定範囲になる。

パターンマッチングの実験結果を観察すると、入力画像の撮影場所がデータベース画像と一致しているときは相関係数の最大値・平均値が共に高い値を示す傾向がある。実際、実験に用いた全ての入力画像に対し、それは正しかった。つまり、撮影場所が一致している場合は、相関係数の最大値と平均値の相関が高く、不一致の場合は低い事が予想される。そこで、多変量解析の手法である判別分析を適用して、相関係数の最大値、平均値からなる2次元平面を、画像の「一致」「不一致」に対応する領域に分割する事を考える。横軸xを相関係数の最大値、縦軸yを平均値とし、プロットしたグラフを作成する。これにより、図3中にあるように2つの領域の境界となる直線 $ax + by + c = 0$ （判別式）を求め、与えられた点がこの直線のどちら側にあるかを示す判別式

$$Z = ax + by + c \quad \dots \quad (3)$$

の正負により「一致」「不一致」と、それぞれ判別する事になる。（a, b, cの値は最小二乗法より導く）  
実験で得られた相関係数に関するデータに対し求めた判別式を図3に、この判別式を用いて判別を行った結果を表1に示す。正判別率とは、撮影場所の一致・不一致を判別式で正しく判別することができた比率であり、検出精度とは、それぞれ判別したデータの中で正しく判別されたデータが含まれる比率である。

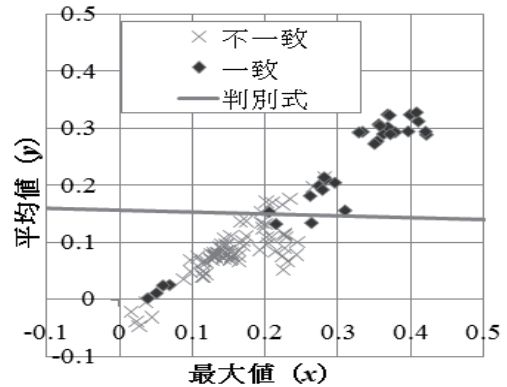


図3 相関係数の最大値と平均値のグラフ

表1 判別式を用いた際の正判別率と検出精度

	一致	不一致
正判別率	75.0%	92.0%
検出精度	80.0%	89.6%

この判別式により、データベース画像が撮影場所と一致している部分を含むと判定された場合、動画像中のどのフレーム時刻を中心として前後何[m]の誤差範囲内に入力静止画像が含まれているかを特定するために、相関係数のグラフに対して山（ピーク周辺）の検出を行う。検出には、ガウス関数への最小二乗法によるフィッティングを行う。ガウス関数へのフィッティング結果に対し、今回は、ピーク時点（平均値）の前後 $\pm 2\sigma$ を「山の幅」、つまり「画像の類似度が十分高く、一致していると見做せるフレーム時間範囲」として特定することにした。一般に標準ガウス分布の平均値の周り $\pm\sigma$ ,  $\pm 2\sigma$ ,  $\pm 3\sigma$ の範囲に全確率の68.3%, 95.4%, 99.7%がそれぞれ集中している。しかし、 $\pm\sigma$ では範囲が狭過ぎて画像の一致の検出を逃してしまう可能性を、また $\pm 3\sigma$ では裾が広がり過ぎて誤差も多くなるといった可能性を考慮して、中間の $\pm 2\sigma$ を選択した。これら判別線により正しいと判別されたデータに対し、図1, 2の相関係数グラフに示されるような山の検出を行う。

以下に山の検出手法を定式化し、その山の幅から入力画像の位置特定を行う。

#### 【山の検出】

山の検出を行うため、グラフにガウスフィッティングを行う。フィッティングには式(4)を用いる。

$$y = a + b \times \exp\left(\frac{-(x-c)^2}{d^2}\right) \quad \dots \quad (4)$$

この時  $x$  は、建物に対し横方向のグラフではフレーム数、縦方向のグラフでは倍率を表す。最小二乗法によりフィッティングを行い、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  を求める。図 4 は図 1 に対し、フィッティングを行った結果である。

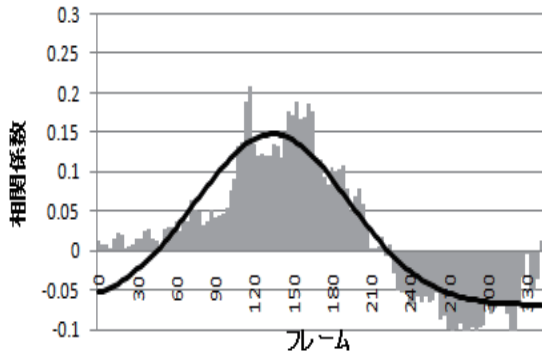


図 4 図 1 のフィッティング結果  
( $a=-0.0693$ ,  $b=0.271$ ,  $c=134.2$ ,  $d=83.33$ )

#### 【位置特定】

山が検出された場合、変数  $d$  の値から山の幅を求め、位置特定の範囲を算出する。山の幅とは、横方向のグラフの場合はフレーム数、縦方向のグラフの場合は拡大倍率の範囲を示す。フィッティング結果である曲線の標準偏差  $\sigma$  は変数  $d$  から式(4)で求めることができる。

$$\sigma = \frac{d}{\sqrt{2}} \quad \dots(4)$$

この標準偏差  $\sigma$  と山の中心を示す  $c$  の値を用いて  $c \pm 2\sigma$  を計算し、山の幅とする。横方向の場合、求めた山の幅 (=フレーム数) とフレームレートから検出フレーム時間を計算し、フレーム時間とデータベース撮影時の移動速度の積で得られる距離を、横方向の特定範囲とする。すなわち、

$$\text{横方向の範囲[m]} = \text{検出フレーム時間[s]} \times \text{移動速度[m/s]}$$

縦方向の場合、山のある場所での最小倍率を  $c - 2\sigma$ 、最大倍率を  $c + 2\sigma$  とし、それらと撮影地点から撮影対象までの距離=10[m]との積で得られる距離を、縦方向の特定範囲とする。

$$\text{縦方向の範囲[m]} =$$

$$(\text{山の最大倍率} - \text{山の最小倍率}) \times \text{撮影距離[m]}$$

データベースと入力画像の場所が同じであるケースとして、図 1、図 2 のグラフについて考える。図 1 (横方向) のフィッティング結果は  $a = -0.0693$ ,  $b = 0.271$ ,  $c = 134.2$ ,

$d = 83.33$ , 図 2 (縦方向) のフィッティング結果は  $a = 0.0995$ ,  $b = 0.0955$ ,  $c = 1.17$ ,  $d = 0.0198$  であり、それぞれ上記の条件で山が検出される。 $d$  の値から図 1 の  $\sigma$  は 58.92 と求められ、フレームレートを 30fps, 移動速度を 1.5[m/s] とすると、横方向の範囲は、

$$\begin{aligned} \text{横方向の範囲} &= 4\sigma[\text{frame}] \times 1/30[\text{s/frame}] \times 1.5[\text{m/s}] \\ &= 11.78[\text{m}] \end{aligned}$$

と、算出することができる。図 2 に対しても同様に、 $\sigma = 0.101$  と求められ、最小倍率は 0.972, 最大倍率は 1.375 となるため、縦方向の範囲は、

$$\begin{aligned} \text{縦方向の範囲} &= (1.375 - 0.972) \times 10[\text{m}] \\ &= 4.04[\text{m}] \end{aligned}$$

と、算出することができる。

この結果、縦方向と横方向の範囲の積、すなわち 47.58[m<sup>2</sup>]に範囲を位置特定でき、半径 100[m]の円から約 1/650 の範囲に絞り込むことができたといえる。

### 3. ノイズを含んだ画像の位置特定

2 章で説明したマッチング手法の検証はすでに終わり、その有用性が確認されている。本章では、この相関係数法によるマッチング法において、動画像データベース作成時からの撮影条件の変動が、どの程度位置特定特性に影響を与えるか、検証する。すなわち携帯電話カメラ画像を様々な条件下で撮影し、位置特定特性のロバスト性を評価する。

この検証には 3ヶ所の建物を利用し、撮影条件の変動で最も大きい要因と考えられる、(i) 撮影場所のずれ、(ii) 撮影事故、(iii) 日差しの変化、の 3 点を取り上げ、これらより生じる位置特定特性の影響を評価した。使用するデータベースはすでに取得してある前述動画像であり、入力画像としては撮影条件別に撮影した静止画像を使用する。なお、このデータベースと同一状態で撮影した入力画像を用いた場合は、「検出率」(位置特定が成功した割合)が 91.7%、この時の「平均特定面積」(位置特定で検出した面積の平均)は 159.1 m<sup>2</sup>である。すなわち携帯電話 GPS の誤差範囲である半径 100[m]の円の面積に比べて約 197 分の 1 である。これら基本特性に対し、上記 (i) (ii) (iii) での「検出率」と、「平均特定面積」を求め、撮影条件の変動、すなわちノイズの影響を検証した。

### 3-1. 撮影場所のずれ

撮影場所がデータベース取得条件からずれることで、マッチングに及ぼす影響を検証した。具体的には、①撮影場所の縦方向（奥行き）が変わった場合と、②建物を撮影する際に平行に撮影できなかった場合、の2パターンである。

#### A. 撮影時の縦方向の距離変動の影響

動画像データベースでは、建物から10m離れた地点を撮影場所としている。そこで、さらに約1mずつ離れた場所から携帯電話カメラで撮影を行い、データベースとマッチング処理し、検出率と特定面積の変化を測定した。これら画像の例を図5に示す。

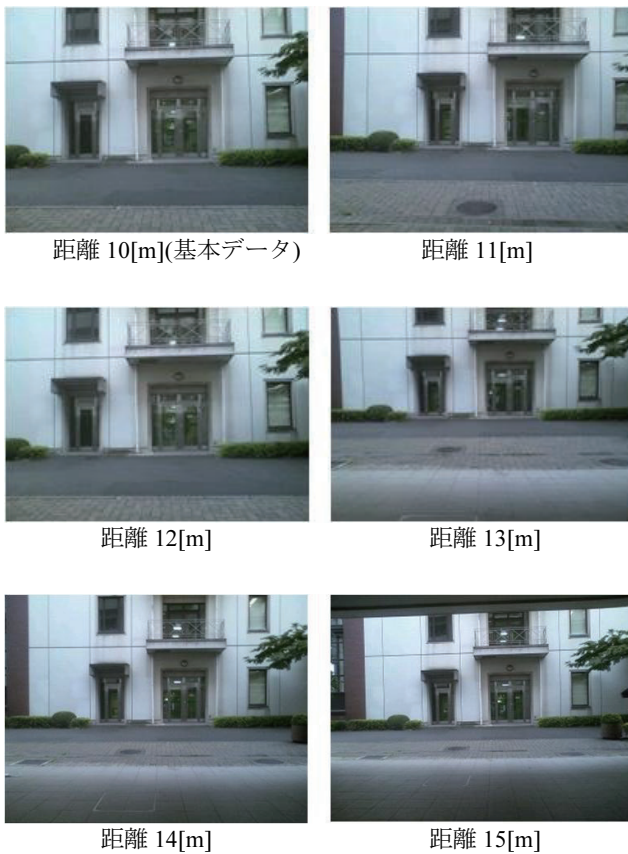


図5 距離別の撮影画像の一例

図5の距離15[m]のように、データベース動画の撮影距離より離れすぎると、天井等の他の建物が写ってしまう場合もある。このように1mずつ離れて撮影した画像から横方向、縦方向の特定距離を求め、検出率と平均特定面積を算出した。その結果を図6、図7に示す。図6より、横方向の特定距離においては、変動は少なからず生じるが、全体的には大きな差がない結果であった。

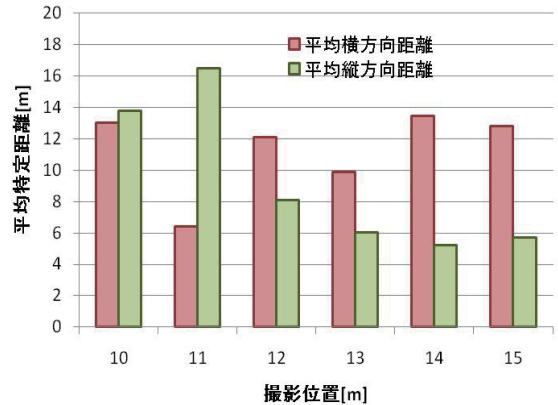


図6 距離別の平均特定距離

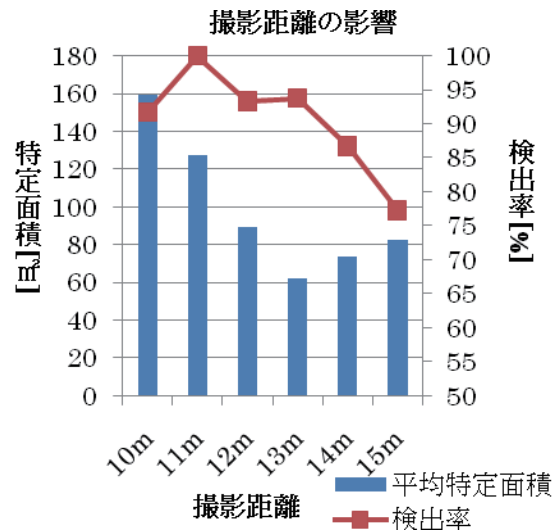


図7 距離別の検出率と平均特定面積

縦方向においては、建物から離れるほど、特定距離は小さくなる。その影響で、図7のように特定面積も建物から離れるほど縮小する。これは、建物から離れて撮影すると、画像の精細度が増加し、エッジ検出をする際に建物の特徴が強調されるためである。すなわち縦方向の拡大処理マッチングにおいて撮影画像とデータベース画像との相関が高くなるためと考えられる。しかし、データベースの撮影位置から離れ過ぎると、撮影距離15[m]において天井等の障害物が写ったように、位置特定が失敗する確率が高くなる例があることも確認できた。つまり、離れ過ぎると撮影範囲が広がり、障害物という新しいノイズが加わる確率が高くなり、全体的な位置特定精度が低下する場合がある。

それでも、データベース撮影時より5m離れた撮影画像で72.7%という検出率であり、位置特定面積は、GPSに比べ約1/2まで縮小できる。

## B. 撮影角度のずれの影響

携帯電話カメラ画像の撮影時に、カメラの撮影角度がずれて建物を平行に撮影できないことによる位置特定に及ぼす影響を検証する。建物に対して撮影方向を10度ずつ、最大40度まで角度をずらし撮影を行った。

図8の平行に撮影した画像に対し、撮影角度をずらした画像の例が図9、図10である。

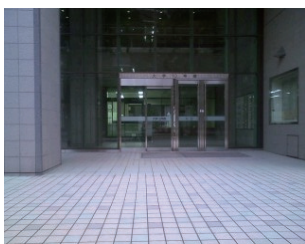


図8 平行に撮影した画像（撮影角度0度）

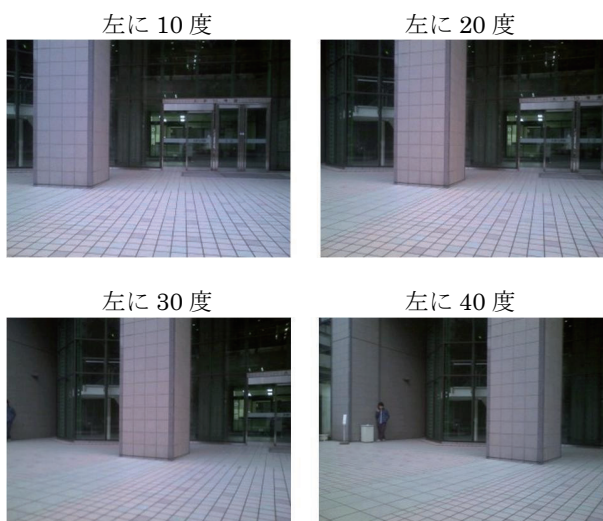


図9 左向きに角度をずらしながら撮影した画像

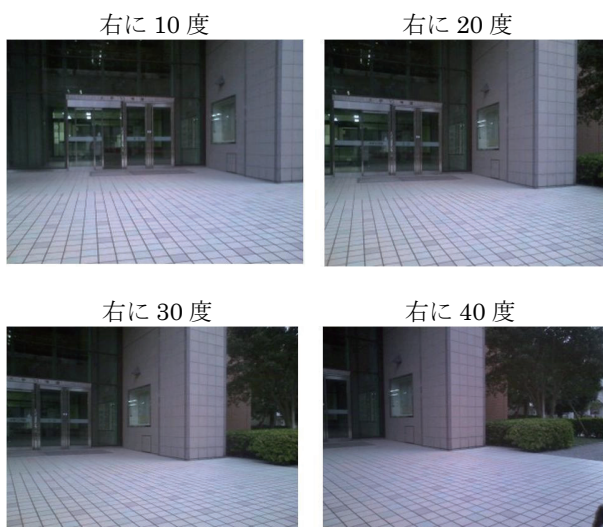


図10 右向きに角度をずらしながら撮影した画像

これら画像に対して得られた、それぞれの検出率と、特定面積を図11に示す。

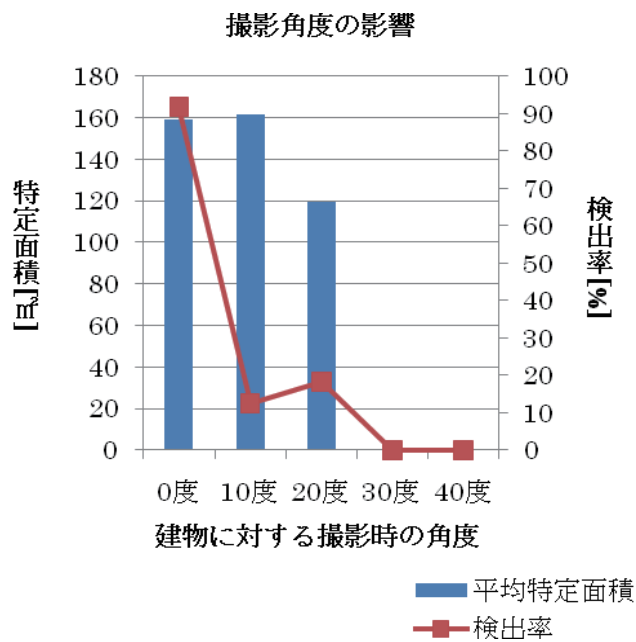


図11 撮影角度別の検出率と平均特定面積

図11からわかるように、撮影時のカメラ角度がずれた画像ではほとんど位置特定が行えていない。たかだか10度ずらした画像でも検出率は13%まで大きく低下し、30度以上ずらした画像においては、検出率は0%であった。図9、図10を見ると、撮影角度がずれることで、撮影した建物の目印（柱等）の位置関係が大幅にずれってしまう。そのため、エッジ検出に使う特徴点がずれ、マッチングの際に違う画像と認識されるためと考えられる。よって、建物に対して斜めに撮影を行った画像では、画像マッチングによる位置特定は難しい。

### 3-2. 撮影事故

撮影時のアクシデントによって生じた、データベースにないノイズを含んだ場合のマッチング特性の検証を行う。具体的には、①撮影時に手が震えることにより生じる画像のぶれ、②撮影時に自分の指が入ってしまった場合や、人物が撮影画像内に入りこんでしまった場合等の障害物による影響、の2つのノイズが想定される。

#### A. 撮影時の手ぶれによる影響

写真の撮影時において稀に生じる、ぶれた画像が、マッチング特性にどのような影響を及ぼすかを検証した。方法は、撮影時に手を震わせながら撮影を行い、ぶれが明確にわかる画像をデータベースとマッチングを行った。

ぶれのない画像（図 12）と、ぶれた画像の例を図 13 に示す。



図 12 ぶれのない画像



図 13 ぶれた画像

### B. 障害物による影響

写真の撮影時に、障害物が写ることがある。特に、「自分の指が入った場合」と「通行人などの人物が入った場合」の2つが考えられる。これら2パターンの撮影画像により、マッチング特性への影響を検証した。

指が入ってしまった場合の撮影画像と人物が入った場合の撮影画像をそれぞれ図 14,15 に示す。このような障害物の影響は、その画面全体に占める面積に大きく依存する。そこで、それぞれの写真に、障害物の画像に対するノイズ面積を（A/B）で表す。

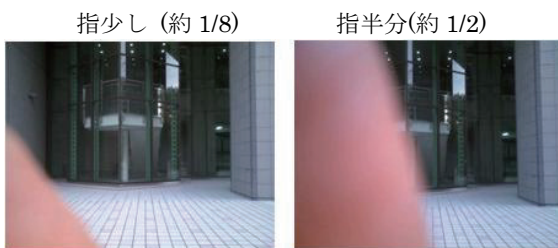


図 14 指が入った場合



図 15 人物が入った場合

上に示した、撮影時に手ぶれが生じた画像と、指や人物等の障害物が撮影時に入った画像に対する検出率と特定面積を図 16 に示す。

図 16 より、手ぶれ画像はノイズ（手ぶれ）なしの画像には劣るが、70%近い検出率であり、後述の障害物を伴った画像に比べれば十分高い位置特定が行える。また、特定面積もノイズなしとほぼ差がなかった。

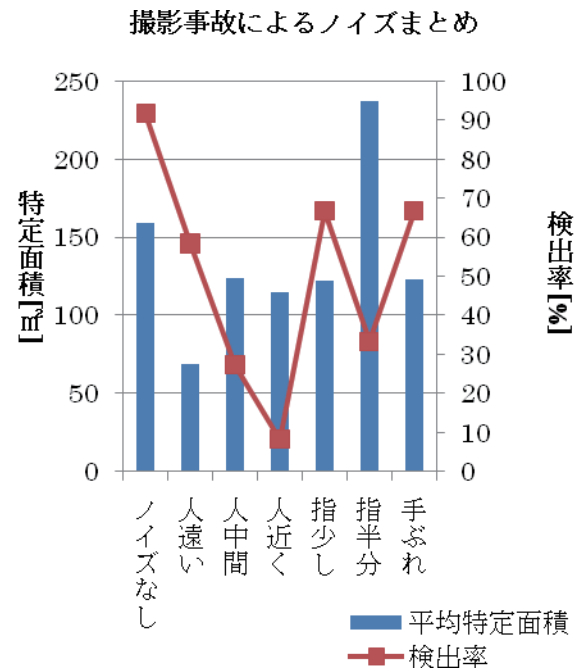


図 16 撮影事故別の検出率と平均特定面積

障害物が写った画像においては、少しだけ指（約 1/8）が入った場合と、遠くで人（約 1/15）が入った場合においては、なにも障害物のない場合に比べて検出率は若干低下するが、それでも 50%以上の検出率が得られ、十分実用可能な範囲であった。しかし、指が半分近く（約 1/2）かかった画像や、撮影場所近くで人物（約 1/5～1/2）が写った場合には検出率が著しく低下する。すなわち、撮影画像内の障害物の面積が大きいほど、検出率は悪化する。

特定面積に関しては、指が半分（約 1/2）かかってしまった場合、ノイズ（障害物）なしの場合より 50%大きくなる。それでもその差は 77.5 m<sup>2</sup>で GPS の誤差範囲半径 100 m<sup>2</sup>の円に比べればかなり少ない。特定面積に関しては、障害物の影響は微小と言える。

### 3-3. 明るさ（日差しや影）の変化の影響

日差しや影がマッチング特性に及ぼす影響を調べるため、同一日に3時間毎に携帯電話カメラで撮影を行い、

検証を行った。また、この実験では影の影響が顕著に出るように、雲一つない日差しが強い、快晴の日に撮影を行った。よって、撮影画像は日差しや影の影響を強く受けている画像と言える。

時間毎の撮影画像の例を図 17,18,19 に示す。撮影場所によって日差しや影の方向が変わるので、時間だけでなく更に撮影場所毎にも分類し、画像を左から場所順に A, B, C とする。

なおこの場所に関する A, B, C とし、異なる外観を持つ建物、

A : 成蹊大学 8 号館側面

B : 成蹊大学 10 号館正面

C : 成蹊大学 8 号館正面

に対し、それぞれ撮影が行われた。たとえ同じ建物でも、日差し、影で、全く異なった画像に見えることが分かる。

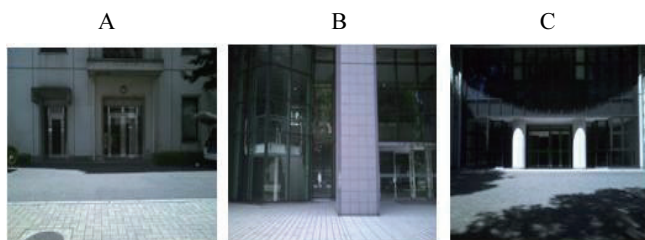


図 17 10 時の撮影画像

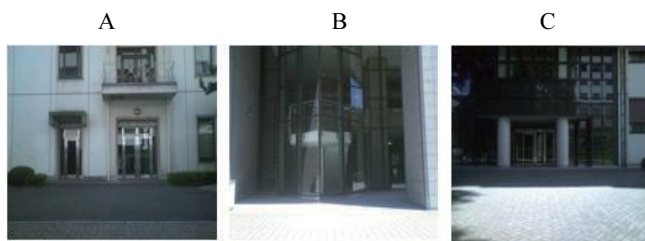


図 18 13 時の撮影画像

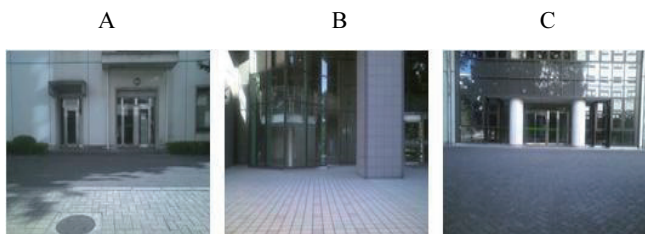


図 19 16 時の撮影画像

撮影時間 (3 つの時間帯) × 撮影場所 (3 ヶ所) の計 9 パターンに分け、それぞれの日差しを「強い」、「弱い」、「日陰」の 3 段階に分類した。それぞれのパターンの名称は、「撮影時間-撮影場所」と明記する。例えば、10 時に撮影場所 A で撮影したとすると、「10-A」と表す。そ

の内容を表 2 に示す。

これら 9 パターンの検出率と特定面積結果を図 20 に示す。

表 2. 明るさの分類

10 時-場所	10-A	10-B	10-C
日差し	強	日陰	強
13 時-場所	13-A	13-B	13-C
日差し	日陰	強	強
16 時-場所	16-A	16-B	16-C
日差し	弱	弱	日陰

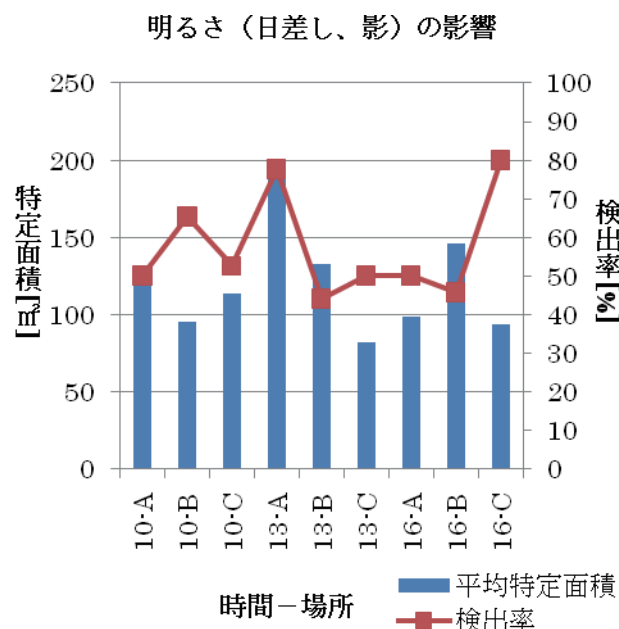


図 20 明るさ別の検出率と平均特定面積

図 20 より、求められた検出率は、日陰の 10-B, 13-A, 16-C の 3 パターンで約 70%, それ以外の日差しがある場合は約 50%であった。日差しや影を含む画像は、日陰の画像に比べて検出率が低かった。つまり、検出率は日差しの有無で差が生じると言える。一方、日差しの強弱は、検出率、特定面積に関しほとんど差がみられなかった。

日影の画像は、日差しのある画像に比べ、手ぶれの影響と同様に、エッジ特性が画像全体で一様に変化するため、検出率への影響は小さい。また特定面積はどれも 200 ㎡以内には収まっており、特定面積には大きな影響はない結果であった。



## 4. むすび

現在最も普及している通信端末機器であり、国民誰もが24時間保持している携帯電話は、ユビキタス環境の構築に必須である。特にGPSとカメラ機能を用い、詳細な位置情報を特定するための技術開発が今後さらに有用になる。そこで、動画像によるデータベースを構築し、この画像と携帯電話カメラによる静止画像とのマッチングを取ることで、GPS単独よりも極めて詳細な位置情報の特定が可能である。

一方、携帯電話カメラによる撮影条件が、データベースの場合と異なる場合、位置特定精度の劣化が想定される。このような撮影条件の変動は、(i)撮影場所のずれ、(ii)撮影事故、(iii)日差しの変化、等で生じる。そこで、これらの撮影条件の変化を、通常のカメラ画像に対するノイズと定義し、このノイズの位置特定精度への影響度合いを、各種実験により検討した。その結果は以下のようにまとめられる。

### (i) 撮影場所のずれ

横方向のずれにおいては、データベースの範囲内ならばどこで撮影しても位置特定が高精度で行える<sup>13</sup>。縦方向(奥行き)の変化においては、撮影する建物から離れても、正常な状態で得られる検出率91.7%から大きく低下せず、最低でも72%あった。特定面積も含め位置特定への影響はほぼなかった。しかし、撮影時の角度のずれは、検出率を著しく低下させる結果であった。

以上より、データベースの範囲内且つ、建物に対して平行に撮影できれば、精度の高い位置特定が行える。

### (ii) 撮影事故

手ぶれによるノイズでは、検出率は定常状態よりも低下するが、それでも70%近く、特定面積もほぼ変わらない。位置特定に影響のないノイズと言える。

しかし、障害物によるノイズは、障害物が画像内で占める面積が大きいほど検出率は低下する。例えば、人物が画像の約1/15を占めている場合は検出率58%、約1/5を占めている場合は27%と、障害物の面積に比例して位置特定に影響が及ぶ。指が画像の半分を占めている場合に限り、特定面積が拡大するが、それ以外は他のノイズと同様、特定面積においてはほとんど差がなかった。

以上より、撮影時には自分の指や人等の障害物の面積が撮影画像内でほぼ1/2以内であれば、この相関係数法によるマッチング法は実用的といえる。

### (iii) 日差しの変化

日差し、影などの明るさの影響に関し、検出率は50%以上を保つことが確認された。位置特定面積に関し200

m<sup>2</sup>以下であり、手ぶれの影響と同様、明るさ(日差しや影)の変化に対し、提案相関係数法は、極めて高いロバスト性を示した。

これら(i)、(ii)、(iii)より、撮影状況の変動から生じるノイズを含む画像が、相関係数法でのマッチングによる位置特定特性に与える影響について、多くの知見が得られた。検出率は70%近くで実用上問題ないノイズから、検出率0%でマッチング法の実用化が不可能なノイズまで、様々な結果が得られた。それでも、位置特定が成功した場合は、そのほとんどが特定面積200m<sup>2</sup>以内で検出され、携帯電話GPSによる誤差範囲の半径100mの円に比べて、約1/157以下という大変優れた結果が得られた。

今後は、検出率を大きく低下させる、撮影角度のずれに対しても、実用可能なレベルまで検出率を向上させる方式の開発が重要である。

本研究の一部は、文科省戦略的研究基盤形成支援事業によって行われた。記して、感謝する。

## 参考文献

- [1] 平成21年版情報通信白書：  
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h21/index.html>
- [2] B. Hofmann-Welkenhof, H. Rihitegger/J. Corin: “GPS理論と応用” Springer Japan2005
- [3] 平野, et al.: “GPS情報の誤差縮小”映像情報メディア学会2008年映像情報メディア学会冬季大会7-3
- [4] 塚田, et al.: “携帯電話GPS特性の詳細測定とその検討”, ITE Technical Report, Vol.33, No.11, pp.29~32, Feb. 2009
- [5] 浅川, et al.: “災害時における安全安心情報の収集・表示システムについて—GPS機能を用いた携帯電話の応用—”, ITE Technical Report, Vol.33, No.11, pp.123~126, Feb. 2009
- [6] 別所, 小林, 越塚, 坂村: “ユビキタスコンピューティングと屋内環境の位置認識”, 電子情報通信学会誌, Vol.92, No.4, 2009
- [7] 西川, 間下, 清川, 竹村: “GPSと加速度センサを用いたウェアラブル学習システムのための移動スケジュール予測”, 信学技報 MVE-08(379), pp.11-16, 2009-0108
- [8] 上野, 橋本, 米山, 川田: “SIFTを用いた都市環境の建物画像検索によるユーザ位置・方向推定手法に

関する一検討”，信学技報，Vol. 109，No. 306，  
pp.127~132

- [9] 鎌原，曾田，下條：“位置座標付き画像データベースによる類似度と GPS 座標を用いた撮影対象建物特定手法”，信学技報，Vol. 106，No.98，DE2006-13，  
pp.13~18
- [10] 児島，戸川，柳澤，大附：“歩行者ナビゲーションにおける道路標識を用いた位置特定システムのための撮影状況に依存した認識度調査”，信学技報，  
Vol.108，No.171，ITS2008-14，pp.37~42
- [11] 因，et al.：“GPS とカメラ画像による位置特定法の検討”，ITE Technical Report, Vol33, No.11, pp.25~28,  
Feb. 2009
- [12] 平野，et al.：“携帯電話のカメラ画像，GPS 情報および地図情報融合によるユビキタス環境の構築” ITE  
Technical Report, Vol.32, No.39, pp.1~4, Sep. 2008
- [13] 北爪，et al.：“携帯電話カメラ画像を用いた位置特定手法の検討”，信学技報，vol.109，no.204，  
MoMuC2009-29，pp.15-20，2009年9月.
- [14] Kitazume, et al.：“GPS Precision Improvement System by Mobile Phone Camera Images”，ICMU2010
- [15] 北爪，et al.：“携帯電話カメラ画像を用いた位置特定手法の検討(2)”，ITE Technical Report, Vol.34，  
No.10，pp.117~120
- [16] 佐藤義治：“多変量データの分類—判別分析・クラスター分析”，朝倉書店，2009.