

携帯電話カメラ特性を考慮した最適画像マッチング

北爪 繭子^{*1}, 因 雄亮^{*2}, 小高 佑樹^{*1}, 平野 研人^{*3}, 樋口 政和^{*4}, 川崎 秀二^{*5}, 村上 仁己^{*6}

Optimal Image Matching Considering Mobile Phone Camera Property

Mayuko KITAZUME^{*1} Yusuke IN^{*2} Yuki Odaka^{*1} Kento HIRANO^{*3}
Masakazu HIGUCHI^{*4} Syuji KAWASAKI^{*5} Hitomi MURAKAMI^{*6}

ABSTRACT : In recent years, location information of people have been attracting a lot of attentions as an element for construct of ubiquitous environment. Especially, high precision of that location information is very important in case of emergency. In order to realize the precision, technical challenges will be evaluation of the precision of GPS information and how to improve it. So far, these issues have rarely been studied, however. In this paper, we use GPS on mobile phone as device of obtaining location information. We consider a method to improve the precision with camera of mobile phone, and show experiment results by the method. In order to investigate the robustness of the proposed method for mobile phone camera property, we take a photograph by various types of mobile phones in experimentation.

Keywords : GPS, Mobile Phone, Camera, Pattern matching, Fitting

(Received March 25, 2010)

1. 序 論

近年, 生活の安心・安全などの観点から, 人々の位置情報が重要視されている。外出中の子どもの行動確認や, 離れて暮らす高齢者の安全確認などを始め, 知らない土地での自分の位置把握や目的地までの歩行案内, 障害者の歩行支援など, その応用方法は様々である。最近では, 位置情報はインターネットの最適ルーチング, 運転手の携帯電話の使用制限にも活用されつつある。特に環境問題が発生した場所や, 人が倒れている場所を緊急で知らせたい時には, より正確な位置情報が必要となる。詳細な位置の特定は, ユビキタス環境の構築のためにも現在の重要な課題である。

我々は今後, 人々の位置情報を得るためのツールとして, 携帯電話が重要であると考えている。現在, 携帯電話は日本の市場で1億台以上普及している情報端末機器である。また, 2007年4月以降に発売される携帯電話にはGPS機能搭載が総務省により義務付けられており, 今多くの人がGPSを搭載した携帯電話を所有している¹⁾。

この携帯電話GPSの大半は, 携帯電話基地局による誤差補正が行われている。一般的なGPS専用機において, オープンスカイな環境での誤差は1[m]程度であり, 非常に精度よく位置を特定することが出来る。しかし周囲に建物などがある環境では, 位置情報の取得が困難となる^{2)~5)}。その点において, 携帯電話GPSは専用機で位置情報が得られない場所でも, 基地局による誤差補正が行われ, 位置情報を取得することができる。そのため, GPS専用機よりも携帯電話GPSの方が「位置情報が得られる能力」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, 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^{3)~5)}。

*1: 理工学研究科理工学専攻修士学生

*2: 情報科学科学部学生

*3: 工学研究科電気電子専攻修士生

*4: 情報科学科博士研究員

*5: 情報科学科ユビキタス工学研究室客員研究員

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

2. 位置特定の考え方

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^{6)~11)}。

GPS 情報とセンサを併用する手法^{6),7)}では、GPS 位置情報をセンサで補正することで詳細な位置を特定している。しかし、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。

多くの携帯電話に搭載されているカメラを用いて、撮影した画像から位置特定を行う手法もある。文献¹⁰⁾では携帯電話カメラで付近の道路標識を撮影し、その画像のエッジと色情報から標識を識別している。インフラとして道路標識を用いているため、センサのように設置する手間は省ける。しかし、マッチングに用いている色情報には、時間帯や天気による日光の影響がある。さらに携帯電話カメラで撮影された画像と他のカメラで撮影された画像とでは、機器の性能により表現可能な範囲が多少異なる。そのため標識などの比較的色彩の種類が少ない画像ではない場合、類似度が低くなることが考えられる。

また、文献¹¹⁾では、建物を撮影した静止画をデータベースとして静止画とマッチングを行い、撮影位置を特定している。携帯電話 GPS が周囲に建物が多い場所で誤差が生じやすいことを考慮すると、建物を撮影対象とすることは適していると考えられる。しかし、これらは静止画をデータベースとして、撮影した“建物”を特定している。撮影画像に映る建物がデータベースの静止画と類似しているかどうかで一致・不一致を判断しており、仮に一致した建物を特定できたとしても、利用者はその建物を撮影することが可能な建物の周辺にいることまでしかわからない。緊急時には、より詳細な位置情報が必要である。

そこで我々は、データベースとして建物を撮影した動画像を用い、携帯電話カメラで撮影された静止画とマッチングを行って、その相関から撮影者の位置特定を行う手法を検討した^{11)~15)}。まず、データベースとしてある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ある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と考えられる。このことから、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できると考えた。この手法により、撮影した“建物”が特定される

だけでなく、さらに詳細な“撮影範囲”を特定することができる。このマッチングは、GPS 情報の誤差範囲内にあるデータベース動画のみに行う。また、各フレームと携帯電話カメラ画像の類似度には、日光の影響や表現可能な色域などの理由から色情報ではなく、各画像のエッジ画像の相関係数を利用している。

本論文では、上記の提案手法の、多様な携帯電話カメラ特性に対してのロバストネスを吟味するため、複数の携帯電話を用いて入力画像を撮影している。また、データベースを複数の撮影機材で撮影し、データベースの撮影機材による結果への影響について比較、検討を行う。

3. 提案手法

これまでの実験結果から^{2)~4)}、携帯電話 GPS の誤差は 90%の確率で 100[m]以内であることがわかっている。そこで、携帯電話 GPS から得られた位置を中心に、半径 100[m]の円内にあるデータベース動画に絞り込んで携帯電話カメラで撮影した画像とマッチングする。以下にデータベース動画の撮影方法と入力画像とのマッチング方法を記す。

【データベース動画】建物から 10[m]離れた位置で、建物に対し平行に一定速度で移動し撮影を行う。撮影した動画をデータベースとする。

【マッチング方法】以下のプロセスでデータベース動画の各フレームと入力画像のマッチングを行い、それぞれ相関値を求める。

- 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。

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

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における画素値

$\bar{f}$: 携帯電話カメラ画像の画素平均値

$\bar{g}$: データベースである動画像の各フレームにおける画素平均値

となる。相関係数は、まず携帯電話のカメラ画像と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。

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

ここで ϕ は補間関数であり、

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

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撮影場所と入力画像の撮影場所が一致している場合の相関係数のグラフである。図1は、縦軸が相関係数の値、横軸が動画像のフレームを表しており、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。

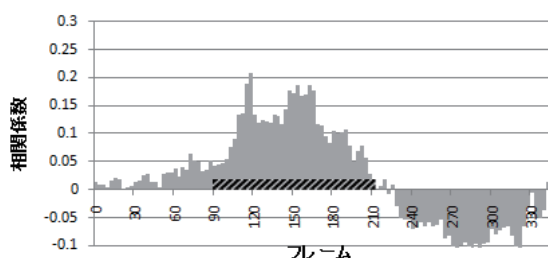


図1 相関係数のグラフの一例（横方向）

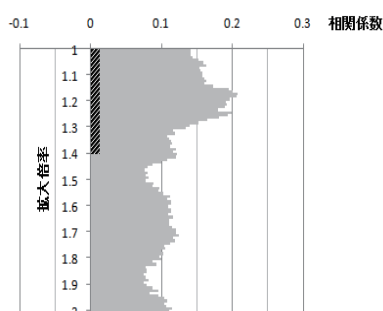


図2 相関係数のグラフの一例（縦方向）

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ことがわかる。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。

4. 提案手法の定式化

3章で提案した手法を定式化するため、まずデータベース3種類(デジタルビデオカメラ、ウェブカメラ、携帯電話を用いて撮影したもの)と、携帯電話カメラ画像とのマッチングの基礎実験を3ヶ所で行った。図3に結果の一部を示す。

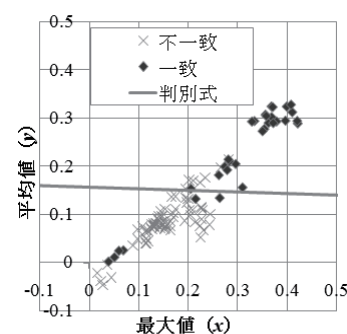


図3 基礎実験結果(相関係数の最大値と平均値を用いた場合)

図3は実験結果の相関係数最大値と平均値の関係を表したものである。撮影場所が一致している場合の実験結果は、場所が不一致の場合に比べて、最大値と平均値が共に高い傾向がある。そこで撮影場所の一致・不一致を判別するために以下に示す式(3)を用いて判別式を求めた。

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

基礎実験の値から a, b, c を求め、判別値 Z の正負により判別を行う。図3のデータにこの判別式を用いて判別を行った結果を表1に示す。

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	75.00%	92.00%
検出精度	80.00%	89.61%

表1は、撮影場所が一致している場合と一致していない場合、それぞれについて正しく判別できた精度を示している。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。

この表1からわかるように、80%の確率で判別式により撮影場所が一致しているかどうかを判別できる。そこで、相関係数の最大値と平均値に判別式を用いて、撮影場所の一致・不一致の判別を行う。

そして、これら判別式により一致していると判別されたデータに対し、図1,2に示されるような山の検出を行い、撮影範囲を特定する。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】

撮影範囲を示す山の検出を行うため、相関係数の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。

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

図1のような横方向の相関係数のグラフにフィッティングする場合、 x はフレーム数を表す。また、図2のような縦方向の相関係数のグラフにフィッティングする場合、 x は倍率を表す。フィッティングは最小二乗法により行い、 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。

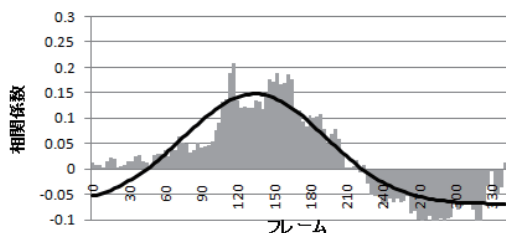


図4 図1のフィッティング結果
($a=-0.693, b=0.271, c=134.2, d=83.33$)

【位置特定】

山が検出された場合、変数 c と 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 σ 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 σ 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。

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

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1,2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、それぞれ上記のパラメータで山が検出される。 d の値から図1の σ 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[m²]に範囲を特定できたことになり、半径100[m]の円から考えれば約1/650に絞り込むことができたといえる。

5. 実験

提案手法に対し、多くの画像に対する画像マッチング特性と、携帯電話カメラおよびデータベース撮影機材の影響を確認するため、以下の実験を行った。

データベース画像を成蹊大学構内、成蹊大学周辺の公道、住宅街 20 カ所で取得した。画像サイズは 320×240 [pixel] であり、フレームレートは 30fps である。また入力画像はデータベース撮影地点各場所で、複数枚取得した。入力画像サイズもデータベースと同じ 320×240 [pixel] である。図 5 は撮影場所、図 6 は入力画像の一例である。



図 5 データベースおよび入力画像撮影場所
(成蹊大学構内 20 ヶ所)

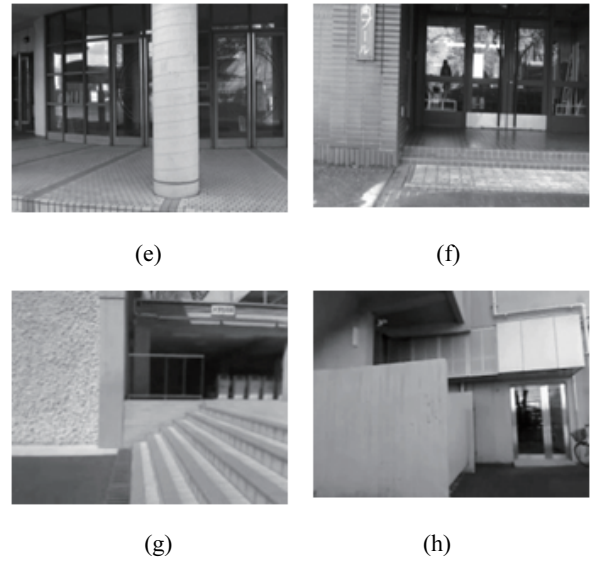
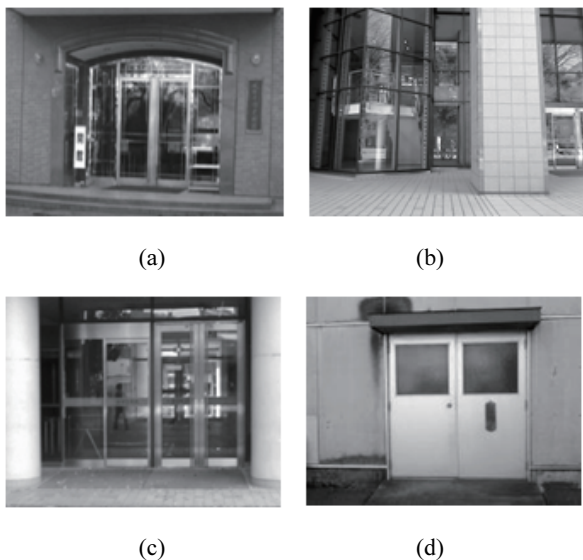


図 6 撮影したデータベースの一例

5. 1 画像マッチング特性と携帯電話機種の影響

複数の携帯電話で同じ位置から撮影した入力画像を用いて、実験を行った。以下に実験結果を携帯電話機種ごとに示す。

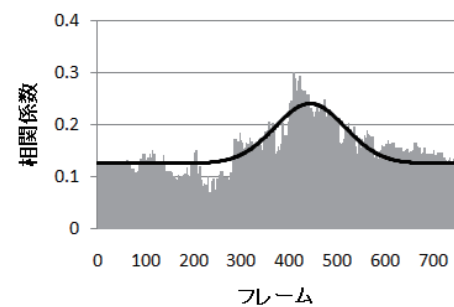


図 7 相関係数 (機種 A)

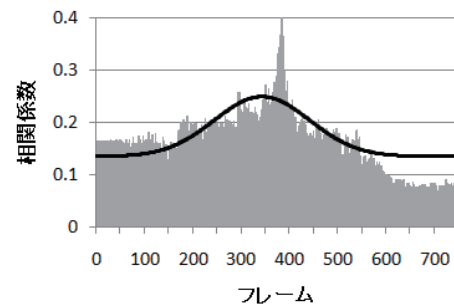


図 8 相関係数 (機種 B)

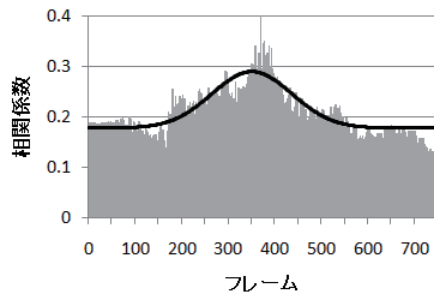


図 9 相関係数（機種 C）

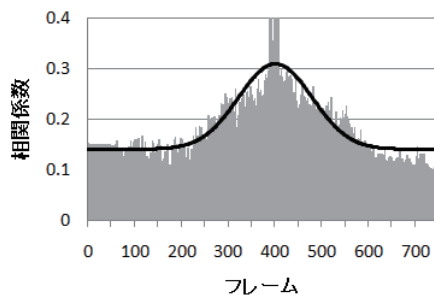


図 10 相関係数（機種 D）

図 7～10 は、データベース動画と同じ建物を、同じ位置から 4 機種の携帯電話カメラで撮影した場合の相関係数のグラフの一例である。各機種で相関係数に多少の違いがあるものの、ほぼ同じフィッティング結果が得られた。図 7～10 の場合、入力画像が撮影された位置は、データベース動画のフレームと比較すると 380[frame]前後の位置であり、どの機種の入力画像でも撮影範囲を正しく特定できることがわかる。

表 2 はこれらのデータから判別式を求め、判別を行った結果である。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。検出精度とは、撮影場所が一致していると判別されたデータの内、実際に場所が一致している比率である。

表 2 携帯電話機種別 正判別率と検出精度

	機種 A	機種 B	機種 C	機種 D
正判別率	80.00%	91.20%	84.40%	75.00%
検出精度	80.60%	89.47%	86.67%	87.50%

表 2 からわかるように、どの機種であっても 80%以上の精度で検出することを確認できた。

機種ごとの検出精度の違いは、各携帯電話カメラで用いられているレンズが異なり、相関係数に若干の違いが出るためであると考えられる。撮影した画像を比較すると、

撮影位置が同じであっても画像に映る建物の範囲や大きさ、歪みなどが若干ではあるが異なっている。これらの要素が相関係数に影響を及ぼしているのではないかと考えられる。

5. 2 データベース撮影機材の影響

撮影機材 3 種(デジタルビデオカメラ、ウェブカメラ、携帯電話)を用いて撮影したデータベースと、入力画像のマッチングを行った。

以下に実験結果をデータベースごとに示す。

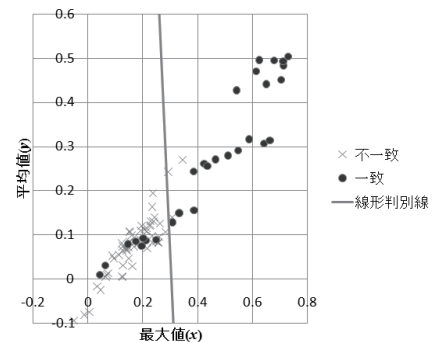


図 11 データベースが携帯電話カメラの場合

$$\text{判別式: } Z = 42.77x + y - 9.56$$

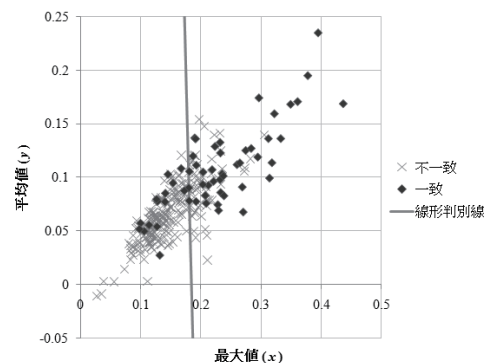


図 12 データベースがウェブカメラの場合

$$\text{判別式: } Z = 21.74x + y - 3.99$$

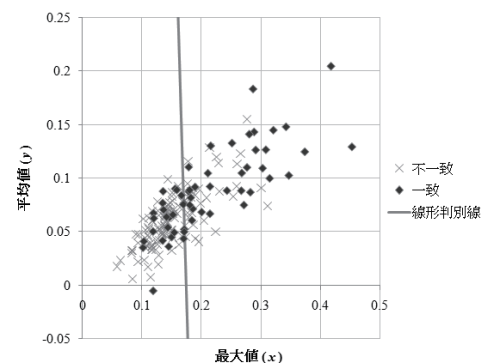


図 13 データベースがビデオカメラの場合

$$\text{判別式: } Z = 18.55x + y - 3.25$$

表3 データベースカメラ別 正判別率と検出精度

	携帯電話カメラ	ウェブカメラ	ビデオカメラ
正判別率	88.5%	75.4%	71.6%
検出精度	91.3%	78.4%	80.5%

表3より携帯電話カメラがデータベースの場合は誤検出が少なかったことがわかる。またウェブカメラがデータベースの場合、検出精度が78%と他のデータベースに比べ、若干精度が低下している。携帯電話カメラのデータベースが一番精度良かったのは入力画像も携帯電話カメラを使用していて、カメラモジュールが同じだったためと考えられる。

5.3 特定面積

表2, 3より正しく判別されたデータに関して、携帯電話カメラ画像を撮影した位置範囲を特定した。表4に携帯電話機種別の特定面積、表5にデータベース撮影カメラ別の特定面積を示す。

表4 携帯電話機種別 特定面積

	最大	最小	平均	標準偏差
機種A	830.68	10.06	172.51	202.41
機種B	704.59	19.83	188.21	176.67
機種C	635.10	27.56	180.66	151.05
機種D	487.77	23.68	163.32	120.76

表5 データベースカメラ別 特定面積

	最大	最小	平均	標準偏差
携帯電話カメラ	929.28	7.16	171.45	240.12
ウェブカメラ	849.09	5.75	152.21	186.84
ビデオカメラ	857.50	10.05	164.96	225.11

単位: [m²]

表4, 5からわかるように、判別式で正しいと判別されたデータの特定面積には、携帯電話機種あるいはデータベース撮影機材ごとに多少変動が見られる。しかし平均特定面積をみると、携帯電話機種別では最大 24.9[m²]の差異、データベース撮影機材別では最大 19.3[m²]の差異であり、携帯電話機種やデータベース撮影機材の違いによる影響は少ないことがわかる。

また、このような変動に対しても、携帯電話GPSのみの位置特定範囲である半径100[m]の円と比較すると、平均して約1/185に絞り込むことが可能であり、特定範囲に改善が確認された。図14は、GPSの誤差範囲である半径100[m]の円と、本実験で特定することができた領域の平均面積を示している。



図14 提案手法による平均特定面積

6. 今後の課題

携帯電話カメラの特性については、データベース動画の撮影機材とともに今後さらなる実験が必要である。機種ごとの特徴や他機種との類似性を検証し、一致している場合にはより高い相関係数となるよう、画像を分割してのマッチングや縦方向・横方向のみの拡大縮小処理など行っていきたい。その上で、より汎用性のある判別式を算出し、検出精度の向上を目指す。

また現在、入力画像は建物を正面から撮影した画像のみに限定しており、そのため建物を斜めから撮影した場合、相関係数が低下し位置特定ができなくなることが予想される。建物を正面から撮影することを条件としたとしても、撮影時に多少傾いてしまうことは十分に想定されることだと思われ、入力画像の射影変換などの処理が必要であると考えられる。入力画像内に人や車、撮影者の指などが映りこんだ場合などについても、データへの影響の調査や手法の検討を行っていきたい。

さらに、現段階では1つの結果を出力するまでに1~2分の処理時間を必要としている。このシステムは携帯電話を用いることを想定しており、特に緊急時の利用が目的にあることを考えると、この処理時間ではまだ不十分と思われる。データベース動画のフレームレートやマッチング手法など考慮し、画像撮影・GPS情報取得から位置特定までの時間として10秒前後を目指したい。

7. むすび

携帯電話GPSの誤差範囲を用いて撮影位置を推定し、データベースの動画像と携帯電話カメラによる静止画の

マッチングにより，どの程度位置精度を向上できるか特性評価を行った。また，提案手法に対する入力画像を撮影する携帯電話カメラの特性，およびデータベースの撮影機材による影響について比較，検討も行った。

本論文で提案した相関係数とそのガウシアンフィッティングによる手法は，各種カメラによるデータベースおよび携帯電話カメラ画像に対し，最低でも 78% の検出精度を得ることができた。また，表 4，5 が示すように，平均特定面積は，携帯電話機種別では最大 24.9[m²] の差異，データベース撮影機材別では最大 19.3[m²] の差異を生じるのみである。このように提案手法は，多様な環境にロバストな方式といえる。

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.ホフマン-ウェレンホフ, H.リヒテネガー/J.コリンズ: “GPS理論と応用” Spriger Japan 2005
- 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 Vol33, 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 Vol33, 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) 小西, 柴崎: “位置情報取得のための統合プラットフォームに関する基礎的研究”, Vol.2004, No.4, pp.77~84, 2004
- 8) 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
- 9) 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
- 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) 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
- 12) 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
- 13) Hirano, et al.: “Location Identification by GPS and Images of Mobile Phones”, ITE Technical Report Vol.32, No.39, pp.1~4, Sep 2008
- 14) 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.
- 15) Kitazume, et al.: “GPS Precision Improvement System by Mobile Phone Camera Images”, ICMU2010, April 2010
- 16) 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, 2010年2月