

カメラ付き携帯電話を用いた状況認識機能を有する 利用者の位置特定システムの実現方式

石川 幹直[†] 長尾 政宏^{††} 細川 宜秀^{††} 高橋 直久^{††}

[†] 名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

^{††} 名古屋工業大学 工学部 電気情報工学科 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

E-mail: [†]{ishikawa,nagao}@moss.elcom.nitech.ac.jp, ^{††}{hosokawa,naohisa}@nitech.ac.jp

あらまし 本稿では、利用者の現在の状況を認識することにより、GPS など既存の位置検出技術により求められた利用者のいる領域から、利用者の位置を特定するためのシステムの実現方式を提案する。提案方式の主要な特徴は次の2点にある（特徴-1）利用者の現在の状況をカメラで画像化し、その画像の色情報と時計回りにその画像を撮影した順序から、その利用者の状況に類似する地点を計算する機能を実現する（特徴-2）カメラ画像のみを用いて利用者の状況認識を行うことから、現在最も普及しているカメラ付き携帯電話上に実装可能である。これにより、GPS など既存の位置検出技術の向上を待たずに、歩行者を対象とした位置情報サービスの実用化に貢献できると考えられる。本プロトタイプシステムを実装し、提案方式の有効性を検証する。

キーワード 空間 DB, 情報検索, メタデータ管理, 状況認識, モバイルコンピューティング

A Location-Detection system with a user's situation recognition function using a mobile phone equipped a camera

Motonao ISHIKAWA[†], Masahiro NAGAO^{††}, Yoshihide HOSOKAWA^{††}, and Naohisa
TAKAHASHI^{††}

[†] Department of Computer Science and Engineering Graduate School of Engineering
Nagoya Institute of Technology

Gokiso, Showa, Nagoya, 466-8555 Japan

^{††} Department of Electrical and Computer Engineering, Nagoya Institute of Technology

Gokiso, Showa, Nagoya, 466-8555 Japan

E-mail: [†]{ishikawa,nagao}@moss.elcom.nitech.ac.jp, ^{††}{hosokawa,naohisa}@nitech.ac.jp

Abstract In this paper, we present an implementation method of a Location-Detection system with a user's situation recognition function using a mobile phone equipped a camera. There are the following two features of our system: (feature-1) We propose a function for computing the user's current location by using some photographs. These photographs represents landscapes which he views; i.e, these represent his current situation. We refer to the function as a user's situation recognition function. (feature-2) We implement our system by using a user's situation recognition function. By using our system, it is possible to realize new LBS for pedestrian. We clarify the feasibility of our method by showing several experiments.

Key words Spacial DB, Information Retrieval, Metadata Management, Situation Recognizaton, Mobile Computing

1. はじめに

現在までに GPS や i-エリアなどの位置検出技術が発展し、利用者のいる範囲を特定することが可能な状況にある。これに伴

い、カーナビに代表される一部の位置情報サービスの実用化が達成され、社会における位置情報サービスの価値が向上した。

しかしながら、実世界における利用者の居場所（屋内外、地下街など）、そのときの電波状態などのあらゆる状況において、

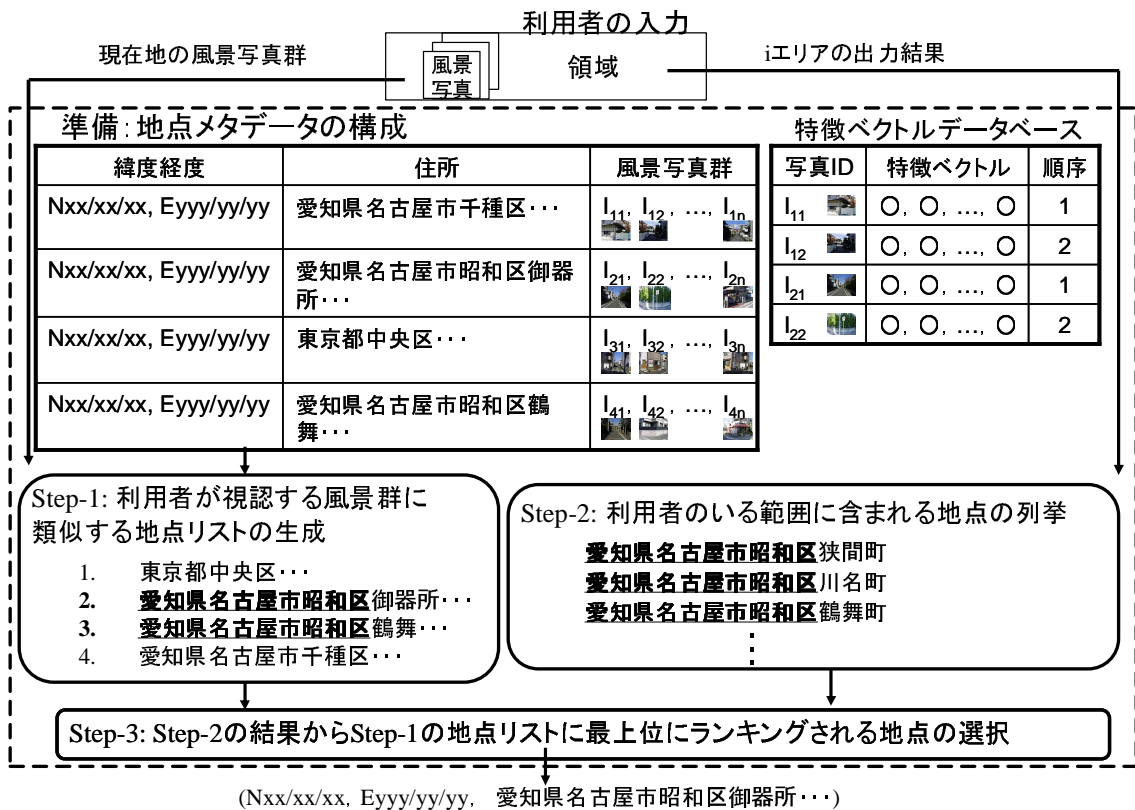


図1 提案システムの実行手順

利用者の正確な位置を検出するには到っておらず、現在、利用可能な状況が限定された一部の位置情報サービスのみが実用化されているにすぎない。そのため、利用状況に拘らない利用者の正確な位置検出技術の確立は、新しい位置情報サービスの実現に貢献する。

本稿では、利用者が現在位置から視認する周囲の風景を認識することによって、GPS や i-エリアによって求められた利用者のいる範囲から、利用者の位置を特定するためのシステムの実現方式を提案する。

提案方式の主要な特徴は、次の2点にある。

特徴-1 利用者が現在位置から視認する周囲の風景をカメラによって画像化し、その画像の色情報とその画像を撮影した方角から、その利用者が視認する風景群に類似する地点を計算する機能を実現する。

ここで、利用者が現在位置から視認する周囲の風景と類似する風景を持つ地点を選択するプロセスを、“利用者の状況認識プロセス”、もしくは、単純に“状況認識”と定義する。

特徴-2 カメラ画像のみを用いて利用者の状況認識を行うことから、現在最も普及しているカメラ付き携帯電話上に実装可能である。

これによって、GPS などの位置検出技術の向上を待たなくとも、利用可能な状況が限定されないデバイス群(携帯電話網、カメラ)を用いて、利用者の位置を特定することが可能になる。本プロトタイプシステムを実装し、提案方式の有効性を検証する。

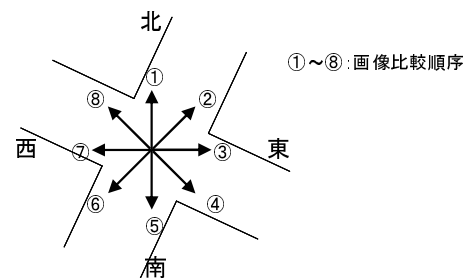


図2 写真の撮影方法

2. 提案システムの実現方式

提案システムの特徴は、利用者が現在位置から視認する周囲の風景を認識し、現在位置を複数枚の写真で伝えることによって、1枚の画像を用いた場合よりも正確に現在地を伝えることができる点にある。

提案システムの実行手順を次に示す。図1は、その実行例を表す。

準備 地点メタデータの構成

提案システムを実行する前に、あらかじめ検索対象となる地点メタデータを構成する。提案システムでは、利用者が視認する風景を画像化した情報と、見ている順番を合わせることで精度を向上させる。そのため、どの地点においても、順番を一致させながら撮影する。今回は、図2に示すように、北から等間隔に時計回りという条件で順番を固定し、1つの地点につき8枚の写真を撮影した。

集められた写真から色情報による特徴ベクトルを生成し、

表 1 位置情報データベースの色情報による特徴ベクトルの詳細

画像番号	色情報による特徴ベクトル
11	$\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{28}\}$
12	$\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{28}\}$
⋮	⋮
34	$\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{28}\}$

画像番号は図 3 における分割された画像を表す。 x_n は、その画像に n 番目の色が含まれる割合を表す。

データベースに登録する。このとき、緯度経度を関連付ける。これにより作成されるデータベースを位置情報データベースと定義する。位置情報データベースの構成は図 1 に示した。位置情報データベースの構成における色情報による特徴ベクトルの構成を表 1 に示す。

Step-1 利用者が視認する風景群に類似する地点リストの生成
ここでは、利用者が視認する風景群に類似する地点リストの生成を行う。

Step-2 利用者のいる範囲に含まれる地点の検索

ここでは、利用者のいる範囲に含まれる地点の検索を行う。既存の位置検出技術により、おおまかな現在地がわかる。その緯度経度をもとに、現在地の候補を位置情報データベースから探す。

Step-3 Step-2 の結果から Step-1 の地点リストに最上位にランキングされる地点の選択

Step-2 で得られた結果を元に、Step-1 の地点リストを参照して最上位にランキングされる地点を選択する。

2.1 利用者が視認する風景群に類似する地点リストの生成方式

ここでは、Step-1 の実現方式について述べる。Step-1 は、次の手順により実行する。

Step-1.1 色情報による特徴ベクトルを生成する。

提案システムでは、画像の色情報を特徴ベクトルとして扱う。Step-1.1 で、色情報による特徴ベクトルを生成する。特徴ベクトルの各次元は画像が 1 ピクセルごとにもつ色の割合である。これを色ベクトルと定義する。色ベクトルは、次に示す色ベクトル生成手順で生成する。

色ベクトル生成手順-1 画像を 1 ピクセルごとに RGB で抽出
入力画像は、1 ピクセルずつ色を抽出する。よって画素数に依存した回数の抽出を行う。

色ベクトル生成手順-2 抽出した RGB を HSV に変換、近似色ベクトル生成手順-1 で抽出した RGB を HSV に変換する。ここで変換された HSV は、色相 H ($0 \leq H \leq 1$) $\{0, 0.04, 0.08, \dots, 0.96\}$ の 25 種類のいずれかに近似する。そして、彩度 S 、明度 V の値により白、黒、灰、色相があらわす色のいずれかに決まる。

色の近似条件を表 2 に示す。色ベクトル生成手順-2 によりできた色ベクトルは各次元の値が入力画像の画素数に依存して大きくなるため、正規化したものを色ベクトルとする。画像の持つ色の分布の情報を考慮するため、図 3 に示すように画像を分割し、各画像に色ベクトル生成手順を実行する。これにより、1

表 2 色の近似条件

色	条件
黒	$(0 \leq V \leq 0.2)$ または、 $(0 \leq S \leq 0.1$ かつ $0.2 < V \leq \frac{1}{3})$
灰	$0 \leq S \leq 0.1$ かつ $\frac{1}{3} < V \leq \frac{2}{3}$
白	$0 \leq S \leq 0.1$ かつ $\frac{2}{3} < V \leq 1$

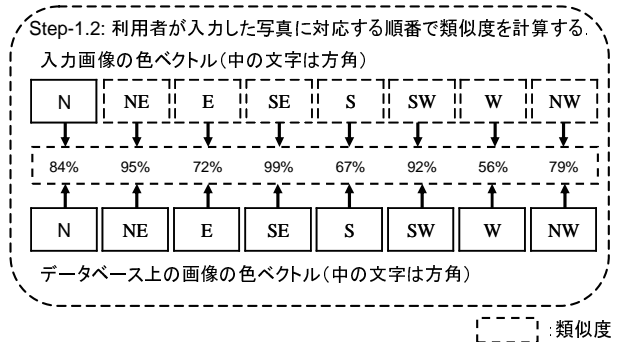


図 4 地点の類似度算出方法 (Type-1:利用者が方向を知っている場合)

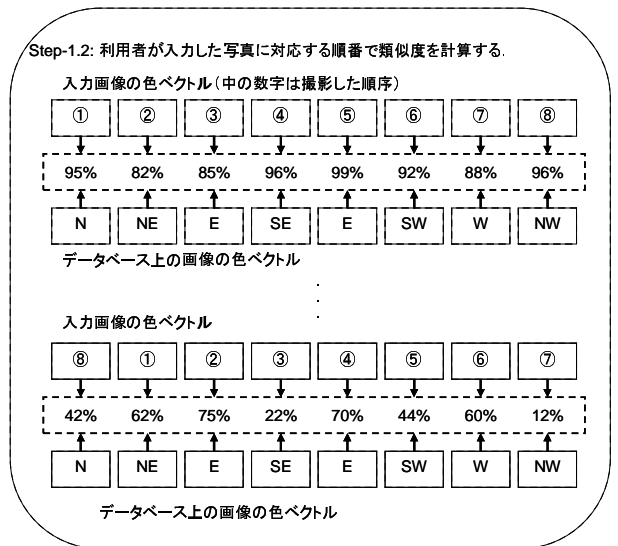


図 5 地点の類似度算出方法 (Type-2:利用者が方向を知らない場合)

枚の画像に対し 12 個の色ベクトルが生成されることになる。

提案システムでは、8 枚の写真の類似度から地点の類似度を計算する。1 画像に対し色ベクトルは 12 個生成される。Step-1.2 で、12 個の色ベクトルを元に、類似度を計算する。ここで色ベクトル $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{28}\}$ 、色ベクトル $B = \{b_1, b_2, \dots, b_{28}\}$ の類似度 sim は

$$sim = \frac{A \cdot B}{|A||B|}$$

で計算される。

Step-1.2 利用者が入力した写真に対応する順番で類似度を計算する。

類似度の集合から、現在地点とデータベースに登録されている地点との類似度を算出する。ここで、利用者は次の 2 タイプに分けられ、利用者のタイプに対応する類似度の計算方法を実現する。

Type-1 利用者は方向を知っている

図 4 に Type-1 の類似度算出方法を示す。図 4 のように、同

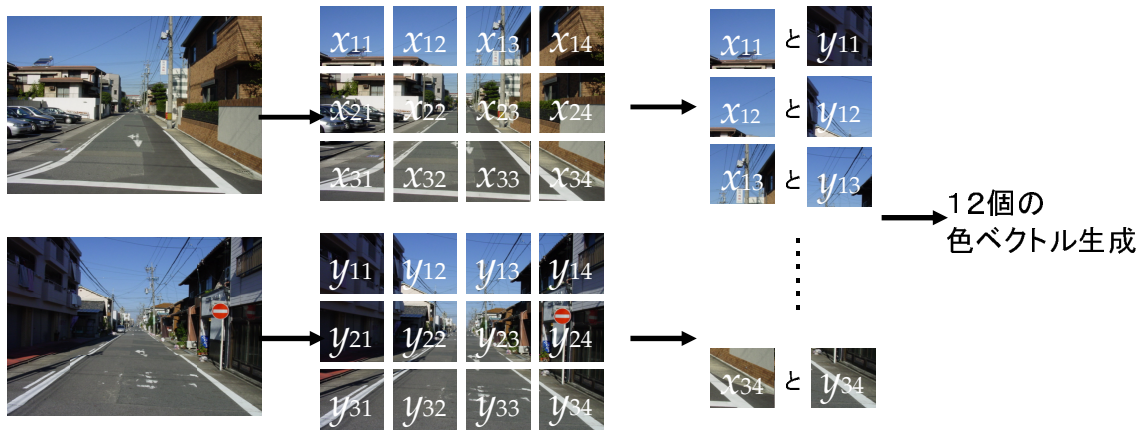


図3 写真の分割

Step-1.3: 類似度の集合を元に得点をつけ、ランキングし、ソートする。

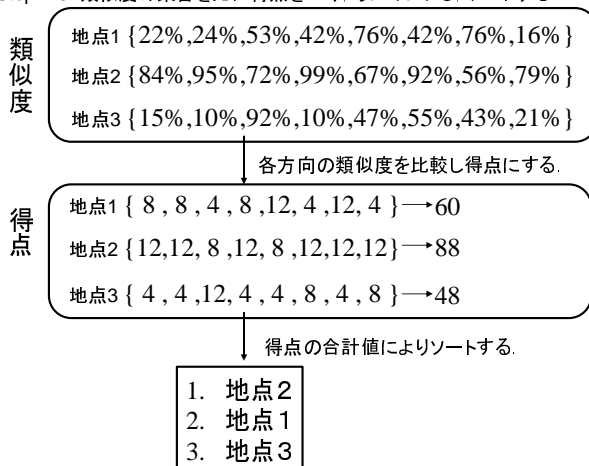


図6 類似度を元に得点を作成しソートする例

じ方向のみ類似度を計算してその地点の類似度とする。

Type-2 利用者は方向を知らない

図5にType-2の類似度算出方法を示す。利用者が自分の向いている方向を知らない場合(①~⑧は利用者が画像を入力した順番)は、図5のように、入力された方向を1つずつずらして計算された類似度から、最大のものを選択してその地点の類似度とする。この方法は、撮影方法をあらかじめ規定しているため、撮影開始時の方向は分かっているなくても回る向きが守られていれば実現可能である。Type-1の計算を8回行うため、計算時間が増加するが、自分の方向を知らない利用者にも適用可能である。

Step-1.3 得られた類似度の集合から、得点をつけ、ランキングしてソートする。

Step-1.3で、地点との類似度を元にランキングをつける。ランキングには、得点を利用する。類似度が上位5箇所の地点に16点、8点、4点、2点、1点とつける。図6に、例を示す。8方向の得点の合計値が高いほどランクが高くなる。このランク順にソートすることで、地点を特定する。ここで得点を用いるのは、7つの方向で類似度が一番上位にきて、1方向だけ他の方向とは大きく類似度が下がる場合に、そのまま類似度により平均値を求めると順位が入れ替わるのを防ぐためである。

2.2 利用者のいる範囲に含まれる地点の列挙

ここでは、Step-2の実現方式について述べる。Step-2は、次の手順により実行する。

Step-2.1 携帯電話による既存の位置検出技術から領域を特定する。

i-エリアやGPSに代表される既存の位置検出技術を用いることで、利用者は周辺地図を表示することができる。

Step-2.2 領域に含まれる地名を列挙することにより、地点候補を抽出する。

周辺地図には緯度経度が含まれており、さらに地名を参照することが可能である。その情報を元に現在地の候補を位置情報データベースから絞り込む。これにより、利用者が想定している場所とはかけ離れた関係のない場所にある類似地点を削除する。

3. 実験

実験では、次の2つの項目を検証する。

検証-1 色情報と方向情報に基づいた状況認識機能を持つ位置特定システムの有効性検証

検証-2 提案システムの適用範囲に関する検証

3.1 色情報と方向情報に基づいた状況認識機能を持つ位置特定システムの有効性検証

ここでは、次の5システムによる位置特定精度を比較することにより、色情報と方向情報に基づいた状況認識機能を持つ位置特定システム(提案システム)の有効性を検証する。

提案システム-1 Type-1の利用者を対象とした、色情報と方向情報を用いた類似度の得点による位置特定システム

提案システム-1では、利用者は自分の方向を知っている。よって、位置情報データベースに格納されている8方向と一致した方向の写真撮影し、各方向での写真の類似度を計算する。さらに8方向で得られた類似度から得点をつけ、それを入力地点と参照した位置情報データベースの地点との得点とする。

提案システム-2 Type-2の利用者を対象とした、色情報と方向情報を用いた位置特定システム

提案システム-2では、利用者は自分の方向を知らない。よって、位置情報データベースに格納されている8方向とは順序だ

け合わせて、入力された方向を1枚ずつずらすことにより計算した類似度から最大のものをその地点の類似度とする。さらに8方向で得られた類似度から得点をつけ、それを入力地点と参照した位置情報データベースの地点との得点とする。

本提案システムに対し、比較対象システムを用意する。

比較対象システム-1 Type-1の利用者を対象とした、色情報と方向情報を用いた類似度の最大値による位置特定システム

比較対象システム-1では、利用者は自分の方向を知っている。よって、位置情報データベースに格納されている8方向と一致した方向の写真を撮影し、各方向での類似度を計算する。8方向で得られた類似度の中で最大のものを、入力地点と参照した位置情報データベースの地点との類似度とする。

比較対象システム-2 Type-1の利用者を対象とした、色情報と方向情報を用いた単一方向の写真による位置特定システム

比較対象システム-2では、利用者は自分の方向を知っている。利用者は写真と、自分の方向情報により、単一の写真で類似度のみにより比較を行う。

比較対象システム-3 Type-2の利用者による、色情報のみによる位置特定システム

比較対象システム-3では、利用者は自分の方向を知らない。よって、自分が無作為に撮影した1枚の写真と、位置情報データベースに格納されているすべての写真との類似度を計算し、最も類似度が高いところをその地点とする。

実際の利用を想定して、位置情報データベースに登録する地点には同一エリア内に存在する127箇所の交差点を選択した。これら127交差点に対して、その交差点から視認される風景画像を関連付けてメタデータベースを構築した。本実験では、127交差点に対して交差点のメタデータ用風景画像と利用者が視認する風景画像を撮影し、利用者が各交差点にいるときの位置特定精度を比較する。各交差点で、方角{N, NE, E, SE, S, SW, W, NW}の8枚の写真を撮った。また、適用性を統一するため、すべての画像は晴れの日、11時から14時の時間帯に撮影したものを利用した。さらに利用者が持つカメラと、位置情報データベース登録時に使用するカメラは同一のものとした。

3.1.1 実験方法

利用者が色情報と複数の方向情報を用いることにより、比較対象システム-1における色情報と、単一の方向情報を用いて位置を特定する方法と比べて、位置特定成功率が向上することを示す。ここで位置特定成功率とは、次式で定義されるものである。

$$\text{位置特定成功率} = \frac{\text{提案システムが正解の地点を検出した回数}}{\text{提案システムを用いて位置特定を試みた全回数}}$$

3.1.2 実験結果と考察

表3は提案システム-1, 比較対象システム-1, 比較対象システム-2を用いたときの、位置特定成功率を表している。比較対象システム-1では、偶然に1箇所部分類似度が大きく異なった場合に、位置を特定できないことから成功率が下がっている。比較対象システム-2では、見た目も似ている交差点に対しては地点を特定しにくいことから、成功率が下がっている。それに対し、提案システムを用いるとすべての交差点についてその地

表3 利用者が方向を知っている場合における位置特定成功率

	位置特定成功率	正解/全試行
提案システム-1	100.0 %	127/127
比較対象システム-1	86.61 %	110/127
比較対象システム-2	66.54 %	676/1016

提案システム-1: 1地点に8枚, 得点により位置特定

比較対象システム-1: 1地点に8枚, 最大類似度により位置特定

比較対象システム-2: 1地点に1枚, 最大類似度により位置特定

表4 利用者が方向を知らない場合における位置特定成功率

	位置特定成功率	正解/全試行
提案システム-2	100.0 %	127/127
比較対象システム-3	61.81 %	628/1016

提案システム-2: 1地点に8枚, 得点により位置特定

比較対象システム-3: 1地点に1枚, 最大類似度により位置特定

点を特定することが可能となった。よって比較対象システム-2と比較して提案システムによる位置特定方式が優位であることを確認した。

表4は、方向を入力しない場合における位置特定成功率を表している。比較対象システム-3では、方向がわからないためデータベースにあるすべての画像と比較を行う。そのため、別の向きにもかかわらず偶然類似している画像を選択することがある分、比較対象システム-2よりも位置特定成功率は低くなっている。提案システム-2を用いれば、利用者が方向を知らない場合にも、順序づけて入力されることで位置を特定することが可能になることが明らかとなった。よって提案方式が妥当であると判断できた。

3.2 提案方式の適用範囲に関する検証

ここでは、利用者の状況が、位置情報データベース登録時の状況と異なる場合に、提案システムに及ぼす位置特定精度への影響を計算することにより、位置特定システムへ応用した場合に想定される提案方式の適用範囲を検証する。

提案システムは、利用者が現在位置から視認する周囲の風景をカメラによって画像化する。このとき、次に示す差異が複合的に生じることにより、システムの適用範囲が限定されることが考えられる。

差異-1 位置情報データベースに登録されている画像の方向と、利用者が画像化した視認する風景の方向との差異

位置情報データベースには1交差点に対し等間隔に8枚の画像が登録されている。利用者は、システムと一致した方向の写真を撮影できるとは限らない。等間隔に写真を撮るという仮定を置いた場合において、最悪の場合で22.5°の差異が生じる。図7に差異の様子を示す。この差異により、方向を一致させて地点を特定する提案方式への適用が困難であることが考えられる。

差異-2 位置情報データベースに登録されている画像を撮影した時間と、利用者が視認する風景を画像化した時間との差異

車や人の往来、天候、時間帯による影の方向など、利用者が写真を撮る時間と、位置情報データベースへ登録するために撮影した時間に、差異が生じる。この差異により、同地点に置いても異なる見え方をすることから、各方向で色による類似度を

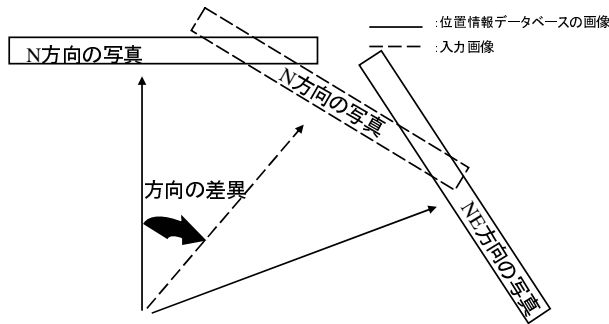


図7 方向の差異

計算する提案方式への適用が困難であることが考えられる。
 差異-3 位置情報データベースに登録されている画像を撮影したカメラの特性と、利用者のカメラの特性との差異
 使用するカメラにより、画素数や画角、色合いに差異が生じる。この差異により、位置情報データベースに登録されている写真の画角や色合いで位置を特定する提案方式への適用が困難であることが考えられる。

本実験では、これら差異の検証のため、20 交差点に対して風景画像を関連づけてメタデータベースを構築した。利用者に前述した差異を持たせるため、メタデータ用風景画像の撮影時とは異なる方向、天候、時間帯、カメラを持つ状況において、Type-2 の利用者が視認する風景画像を撮影した。ここで、差異-1 に対応する差異を“方向の差異”，差異-2 における天候による差異を“天候の差異”，時間帯による差異を“時間帯の差異”，差異-3 に対応する差異を“カメラの差異”と定義する。

3.2.1 実験方法

提案システム-1 に対し、位置情報データベースへ登録する時と方向の差異、天候の差異、時間帯の差異、カメラの差異を持たせた状況で位置特定成功率を計算することにより、利用者の差異が及ぼす提案システムの位置特定精度への影響を示し考察する。ここで位置特定成功率とは 3.1.1 と同様の式を用いる。

方向の差異を計算するために、晴れの日、11 時から 14 時の時間帯に、各交差点で等間隔に 16 枚の写真撮影した。そのうち、提案システムで用いる 8 方向を位置情報データベースへ登録し、残りの 8 枚を利用者の入力画像とすることで方向の差異が最大となる状況とした。

天候の差異を計算するために、11 時から 14 時の時間帯に、位置情報データベースへは晴れの日風景画像を登録し、同様の地点で曇りの日の写真を利用者の入力画像として異なる天候の状況とした。

時間帯の差異を計算するために、晴れの日、位置情報データベースへは 11 時から 14 時の時間帯に撮影した写真を登録し、同様の地点で 9 時から 10 時の時間帯に撮影した写真を利用者の入力画像として、時間帯の異なる状況とした。

カメラの差異を計算するために、晴れの日、9 時から 10 時の時間帯に、位置情報データベースへ登録するために使用した 330 万画素のカメラとは異なるほぼ同様の画素数のデジタル・カメラ、100 万画素のカメラ付き携帯電話、30 万画素のカメラ付き携帯電話の 3 台を用いることで、カメラの異なる状況

表 5 状況の差異による提案システムの位置特定成功率の影響

	位置特定成功率	成功/全試行
差異なし	100 %	20/20
方向の差異	60 %	12/20
天候の差異	95 %	19/20
時間帯の差異	30 %	6/20
カメラの差異 (320 万画素カメラ)	80 %	16/20
カメラの差異 (100 万画素携帯電話)	95 %	19/20
カメラの差異 (30 万画素携帯電話)	65 %	12/20

Type-2 の利用者を対象とした。

位置情報データベースには 300 万画素カメラを使用した。

表 6 時間帯の差異による提案システムの適合率の影響

	1 位	3 位以内	5 位以内	10 位以内
時間帯の差異	30 % (6/20)	55 % (11/20)	55 % (11/20)	60 % (12/20)

表 7 カメラの差異による提案システムの適合率の影響

	1 位	3 位以内	5 位以内	10 位以内
320 万画素カメラ	80 % (16/20)	90 % (18/20)	100 % (20/20)	100 % (20/20)
100 万画素携帯電話	95 % (19/20)	100 % (20/20)	100 % (20/20)	100 % (20/20)
30 万画素携帯電話	65 % (13/20)	75 % (15/20)	85 % (17/20)	85 % (17/20)

位置情報データベースには 300 万画素カメラを使用した。

とした。

3.2.2 実験結果と考察

表 5 に、位置情報データベースに登録されている風景画像と状況に差異を持たせた時の、提案システムの位置特定成功率を示す。また、時間帯の差異、カメラの差異による提案システムの適合率への影響を表 6、表 7 に示す。ここで適合率とは、以下の式で定義されるものである。

$$\text{適合率} = \frac{\text{正解の地点がある順位に含まれる回数}}{\text{提案システムを用いて位置特定を試みた全回数}}$$

利用者が状況に差異を持つことで提案システムの位置特定成功率が低下した。次のように、各状況で位置特定成功率が低下した理由と改善方法を考察した。

差異-1 に対する考察 最も方向がずれた状態で位置特定成功率は、60%まで低下した。画像を分割して評価する提案方式では、1 枚で見ると類似している画像でも分割された各部分がずれにより影響を受けて類似度が低下することが原因である。利用者は、位置情報データベースに登録されている方向と一致した方向で風景を画像化することで方向の差異による精度低下は解決する。よって、位置情報データベースと順番を一致させて風景を画像化するという条件に加えて、利用者に撮影方向を指定することが必要であることが明らかとなった。これは、人が土地勘のある人に道を訊ねるとき、土地勘のある人が聞いた人に対して現在視認する風景を教えるように指示する行動と、認識を一致させる点で類似している。今回の実験ではメタデータをつける地点に交差点を利用したが、例えば 4 つ角では道路と、道

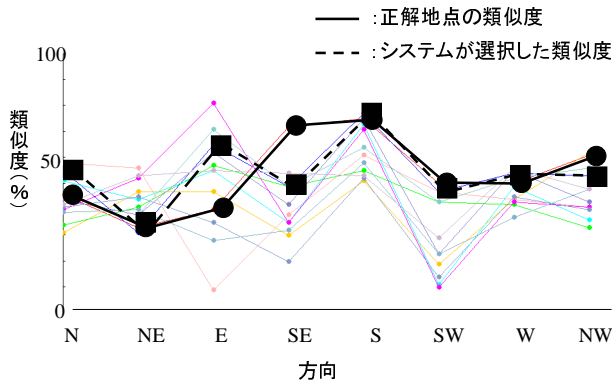


図 8 晴れの日の画像のみによるデータベースに曇りの日の画像を入力した例

路間の建物を時計回りに画像化する、という簡単な条件をつけることにより、位置特定精度の向上が期待できる。これより、利用者に簡単な条件を与えることで、方向の差異を吸収できることを明らかにした。

差異-2 に対する考察 天候が異なる状況で、すべての位置を特定するには至らなかった。晴れの日に対する曇りの日の画像の明るさの違いや空の色の違いから、どの画像に対しても位置を特定するほどの類似度が得られず、結果として間違った地点を選択した。図 8 に、晴れの日の写真により構成されたデータベースに曇りの日の画像を入力したときの類似度を示す。本来正解地点とするはずの類似度と、システムが出した正解の類似度を強調した。一方、図 9 は、同じ地点で、晴れの日の写真と曇りの日の写真を入れて構成されたデータベースに、先ほどの曇りの画像を入力したときの類似度を表す。図 9 において、提案システムは正解地点を選択することが確認された。

また、時間帯が異なる状況で、位置特定成功率は 30% まで低下した。太陽の方向により異なっている陰影が、提案システムの類似度計算の精度を低下させていることが原因である。これは天候の差異と同様に、利用者のニーズに合わせた時間帯のデータベースを作成することで、提案方式の適用範囲の拡大が期待できる。

これらより、データベースを構築するオーバーヘッドが大きくなるが、天候、時間帯という利用エリアの特性、ニーズに合わせたデータベースを作成することによって、提案方式の適用範囲が拡大することを明らかにした。

差異-3 に対する考察 異なるカメラで撮影を行った状況で、どのカメラを用いた場合でもすべての位置を特定するには至らなかった。カメラは、種類により画角、色合いとも多種多様である。そして画角の差異は差異-1 に対応し、色合いの差異は差異-2 に対応していることから、差異-3 では、差異-1 と差異-2 が複合的に起きているものと考えられる。しかし方向を合わせているため差異-1 の解決方法では解決できず、また多種多様なカメラによる画像を登録していくことはオーバーヘッドを考慮すると非常に困難であり、差異-2 の解決方法でも解決できない。表 7 に、提案システムの適合率を示す。表 7 より、位置特定を複数の候補を提示することによって、高い精度で正解の地点を

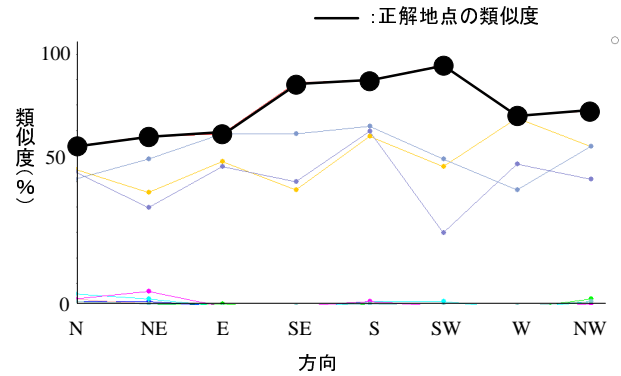


図 9 曇りの日の画像も加えたデータベースに曇りの日の画像を入力した例

含む結果を返すことが可能であることを明らかにした。特に 5 位以内の候補を挙げることで、カメラの差異が吸収された。色による評価のみを行う提案システムでは、利用者が 30 万画素のカメラ付き携帯電話による風景画像を用いたときに地点を特定できないことがあった。しかし、近年、携帯電話に搭載されるカメラは画素数が増え、現在の主流である 100 万画素のカメラ付き携帯電話を用いた風景画像で十分に位置特定ができていることから、提案方式で位置特定が可能であると判断できる。地点が複数存在する場合は、前回計算した位置や、隣接する位置との関連を評価することで絞り込むことや、利用者が候補地点から自分の地点を選択するような機能を提供することにより、位置特定が可能である。これらのことから、カメラの差異によらず位置特定が可能であることを明らかにした。

以上の考察より、提案方式の妥当性が明らかになった。また表 6、表 7 を比較すると、データベースは差異-2 による影響の緩和を優先させる必要があることが明らかになった。

4. 関連研究

文献 [2] はドキュメント・データに含まれる地名をキーワードとして地図にマッピングしている。これによりドキュメント・データに緯度経度データをメタデータとして埋め込む必要がないため、既存のドキュメント・データに対し緯度経度データを抽出可能となる。提案方式はメタデータを持たない画像を対象として、緯度経度データを抽出するという点で類似している。文献 [1], [4] はデジタルカメラによる静止画をもとにナビゲーションを行っている。文献 [1] では、画像を縮小、拡大することで歩行者の視覚を表現し、写真を切り替える作業を続けることで道案内をする。文献 [4] は、交差点ごとにパノラマ写真を撮り、交差点同士は道に沿って連続写真を撮ることで、簡易的な 3D 空間を作成している。これらナビゲーションシステムは初期位置から目的位置まで常に案内してくれるものだが、提案方式では、道に迷ったときに利用して現在位置を知ることにより、途中からナビゲーションシステムで目的地へ向かうことも可能になる。

文献 [3], [5], [7] は携帯電話を用いた位置検出技術である。文献 [3], [7] は基地局から位置を推定して利用者のいる領域を返すもので、地域に応じたアプリケーションサービスを利用するこ

とができる。文献[5]は屋外ではGPSを用い、屋内では基地局との距離から地点を算出することにより精度を向上させている。文献[3],[7]は利用者の正確な位置を検出することが目的ではないため、歩行者ナビゲーションには不向きである。また、文献[5]の技術も屋内においてGPSの利用できない状況では十分にナビゲーション用の精度が得られないと考えられる。提案方式は、利用者のあらゆる状況に対して位置を特定することを可能にしているため、現在提供されている携帯電話を用いた位置検出技術よりも歩行者ナビゲーションに向いている。

文献[6]は、携帯電話により大まかな位置情報を検出し、実空間を模倣したオブジェクトを含む建物データベースを参照して視覚情報と合わせることで、現在地を特定する位置決めアプリケーションを提案している。この建物データベースは、宝くじ売り場やみどりの窓口などかなり細かく規定されているもので作成が困難であることが予想されるが、提案方式では写真を撮影しておくだけで実行可能なため、オーバーヘッドが少ない利点がある。

5. おわりに

本稿では、利用者の現在の状況を認識することにより、GPSなど既存の位置検出技術により求められた利用者のいる領域から、利用者の位置を特定するためのシステムの実現方式を提案した。提案方式の主要な特徴は次の2点にある。

特徴-1 利用者の現在の状況をカメラで画像化し、その画像の色情報と時計回りにその画像を撮影した順序から、その利用者の状況に類似する地点を計算する機能を実現した。

特徴-2 カメラ画像のみを用いて利用者の状況認識を行うことから、現在最も普及しているカメラ付き携帯電話上に実装可能である。

これにより、GPSなど既存の位置検出技術の向上を待たずに、歩行者を対象とした位置情報サービスの実用化に貢献できると考えられる。本プロトタイプシステムを実装し、提案方式の有効性を検証した。

今後の課題は、さらに位置情報データベースに含まれる地点を拡大したときにおける適用性の検証、色情報以外の画像処理を用いた類似度計算との併用の検討、差異-2を吸収する方法の検討、ならびに、提案システムを用いた位置特定システムの実現が挙げられる。

文 献

- [1] 大須賀志保, 有川正俊, 田中浩也: 空間プレゼンテーションを用いた空間情報共有, 電気情報通信学会 DEWS2003(2003)
- [2] 細川直秀, 高橋直久: ドキュメント・データを対象としたジオ・コーディング手法, 情報処理学会研究報告, 2003-DBS-130, pp.87-94(2003)
- [3] NTTDoCoMo, オープン i エリア, <http://www.nttdocomo.co.jp/p-s/imode/iarea/open.html>
- [4] 三宅新二, 楠木浩, 神谷朋範, 岡部一光, 鳥越秀和, 横田一正: 簡易 3D 機能を利用した観光地案内, 電子情報通信学会 DEWS2003(2003)
- [5] Qualcomm, gpsOne, http://www.cdmatech.com/solutions/products/gpsone_cdma.jsp
- [6] 上田道, 佐藤玲奈, 増永良文: ウェアラブル環境におけるユーザの相対的位置関係を用いた位置検索システムの提案, 情報処理学会研究報告, 2003-DBS-131, pp.351-357(2003)

- [7] vodafone, ステーション, <http://www.vodafone.jp/japanese/live/station/>