

風景映像と地理的専門知識にもとづいた 方向認識支援システムの実現

山田 祐介^{†1} 羽田 吉彦^{†1}
中澤 優一郎^{†1} 細川 宜秀^{†1}

本稿では, 利用者が現在地から視認される風景映像を地図の構成要素に加えることにより, 地図利用者が地図と実空間との対応付けを可能とする地図システムの実現方法を提案する. 提案方式の主要な特徴は, 次の4項目にまとめられる. (1) 現在地から視認される周辺風景映像を地図要素化した地図生成機能の実現. (2) 目立つ風景映像選択機能の実現. (3) 利用者が直近に利用した可能性の高い地理オブジェクトの方向を示す風景映像選択機能の実現. (4) 3方向以上の風景映像選択機能の実現. 本稿では, このプロトタイプシステムを実装し, 提案方式の妥当性を検証する.

An Implementation Method of A Map Information System for Assisting User's Direction Recognition Using A Landscape Database and Knowledge of Cartographers

YUSUKE YAMADA,^{†1} YOSHIHIKO HANEDA,^{†1}
YUICHIRO NAKAZAWA^{†1}
and YOSHIHIDE HOSOKAWA^{†1}

In this paper, we present a new implementation method of a map information system for assisting user's direction recognition. Its main features are as follows. (1) The proposed system is formalized on a landscape database. The landscape database is used for representing directional relationships between landscape images and user's current position candidates. The system is implemented for searching landscape images with direction information. As a result, the system enables the user to match the images to his/her current view. (2) The proposed system selects several prominent landscape images for the user's eyes. These prominent images are selected by computing statistics of the colors.

(3) The proposed system also select several landscape images that well-known and nearby landmarks are found in the direction. Knowledge of cartographers is defined by frequency of landmarks in different maps, and is used for finding the well-known and nearby landmarks. The system assumes that the user has an experience of using well-known landmarks since the landmarks are generally utilized by many people. As a result, the system enables the user to spatially recognize his/her current area by reminding him/her about the experience of him/her. (4) The proposed system integrates three or more landscape images into a map data. Thus, the system can reduce the user's recognition errors from reversing and rotating his/her map. We clarify the feasibility of the proposed method through several experiments.

1. はじめに

近年, モバイル端末による無線ネットワーク技術や, GPS, ジャイロセンサなどの位置センシング技術が発展, 普及している. さらに, それらを地図と組み合わせ利用可能なAndroid, iPhoneなどのモバイル端末が実用化され, 現在地周辺の地図情報を取得することが可能となっている. それに伴いモバイル端末における地図利用の需要が高まっている.

本稿が対象とする地図利用とはモバイル端末画面に示された地図を使いながら, 目的地, 経由地, ならびに, 出発地の, 現在地からの方向を認識することである. しかしながら, 地図を用いてそれらの方向認識を行うことは一般的に困難である. その主要理由は, 地図利用者が, 地図と実空間上の地理オブジェクト間の次の3等価性を評価することが困難であることによる. ここで地理オブジェクトとは建物や敷地などの地理空間上に配置されたオブジェクトを表す.

(等価性-1) 地図上に文字列として表現された地理オブジェクトと現在地から映像として視認される地理オブジェクト間の等価性 (文字列-to-風景映像の等価性)

(等価性-2) 地図の上空からの地理オブジェクト2次元形状と, 実空間における水平方向から視認される地理オブジェクト形状の等価性 (形状の等価性)

(等価性-3) 地図における地理オブジェクト正式名称と, 実空間において視認される地理オブジェクト名の等価性 (名称の等価性; 例: 地図上におけるビル名と現在地から視認されるそのビル内のテナント店舗名の等価性)

^{†1} 群馬大学大学院工学研究科 情報工学専攻

Dept. Computer Science, Graduate School of Engineering, Gunma University



図 1 地図利用者に強いらられる等価性評価の例

ここで、等価性評価とは、利用者が地図上の地理オブジェクトと実際に視認される地理オブジェクトとの対応付けを行うことである。

図 1 は群馬県桐生市の JR 桐生駅前周辺における地理オブジェクトの風景と地図における表記の対応関係を表す。枠に囲まれた文字列は、地図上の文字と風景映像上の文字を拡大したものである。“千年の宴”のように地図上と実空間上で表記が一致している地理オブジェクト間の等価性評価は難しくない。しかしながら、“金子ビル”と“魚民”、“丸政マンション”と“庄や”、のように地図と実空間において表記が異なる地理オブジェクト間の等価性評価を利用者が行うことは一般に困難を伴う。これらの等価性評価の実現方式として、GPS や電子コンパスなどの電子デバイスと地図の統合的活用が考えられる。しかしながら、これは物理的位置と物理的方位を地図上にプロットするものであり、3 等価性評価の直接的支援を行うには至らない。その結果、利用者にその方向認識結果に対する確信を十分に与えるには至らない。

本稿では、風景映像と地理的専門知識にもとづいた方向認識支援機能を有する地図生成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 4 項目にまとめられる。

特徴-1 利用者の現在地から視認される 8 枚の周辺映像群を地図要素化した地図を生成する機能を実現する。ここで、8 枚の風景映像群とは、現在地から「北」、「北東」、「東」、「南東」、「南」、「南西」、「西」、「北西」の 8 方向に映る風景映像群である。これより、3 等価性評価の有する問題点を一括解決する。具体的には、利用者に〈風景映像-to-風景映像〉間の等価性を評価させることによって、形状の等価性、ならびに名称

の等価性を評価させることなく、地図上の地理オブジェクトと視認される地理オブジェクト間の対応付けを行わせることが可能になる。

特徴-2 現在地周辺の 8 風景映像群から目立つ風景映像を選択する機能を実現する。ここで、目立つ風景映像とは、現在地周辺の風景映像群において中頻度に出現する色を持ち、異なる方向に映る風景映像とコントラスト差の大きい風景映像と定義する。中頻度に出現し、異なる方向に映る風景映像とコントラスト差の大きな色に焦点を当てることによって、現在地周辺の風景映像の中から、映像上では比較的小さいが、周辺との色差から認識しやすい看板などを含む風景映像を利用者に提示することが可能になる。提案システムでは、TF・IDF 特徴量割り当て手法⁵⁾を利用することによって、中頻度に出現する色を認識する(機能-1.1)。ここで、TF・IDF 特徴量割り当て手法とは、文書検索において中頻度の出現単語に大きな特徴量を割り当てる手法であり、文章検索における主要な特徴量割り当て手法として幅広く活用されている。また、TF・IDF 特徴量が大きい風景映像の色と補色の関係に近い色をコントラスト差の大きい色として認識する(機能-1.2)。2つの色が補色の関係にあるとき、この2つの色はお互いを引き立てあう組み合わせにある。この2機能によって、目立つ風景映像を選択し、利用者が照合すべき風景映像数を削減する。つまり、風景映像間の等価性評価に要する利用者の労力を削減する。

特徴-3 異なる縮尺のどの地図においても出現する地理オブジェクトの方向を示す風景映像選択機能を実現する(機能-2)。ここで、そのオブジェクト群を地理的専門知識と定義する。この機能は次の仮説を具現化するものである。

(仮説-1) 直近に利用した可能性の高い地理オブジェクトの方向を示す風景映像を利用者に提示することによって、その地理オブジェクトから現在地までの移動記憶(地図利用者が利用したり近くを通った建物に関する記憶)を利用者に想起するよう促すことができる。利用者にその移動記憶を活用させることによって、現在地から目的地、ならびに、経由地への方向認識精度を向上させることができる。

(仮説-2) 駅や市役所など多くの人が利用する地理オブジェクトは、利用者が直近で利用した可能性の高い地理オブジェクトと言える。つまり、これらの方向にある風景映像を選択することによって、その地理オブジェクトから現在地までの移動記憶想起機会を増加させることができる。

特徴-4 3 方向以上の風景映像選択機能を実現する(機能-3)。これにより、次の 2 問題点を解決する：(問題点-1) 1 方向の風景映像のみを提示した場合、その風景映像を中心に目

画像	撮影地 緯度経度	撮影方向 北が0° 時計回り
	撮影地1	0°
	撮影地1	45°
...
	撮影地2	0°
	撮影地2	45°
...

図 2 風景映像データベースの構造

的地が反転してしまうことがある、(問題点-2) 2方向の風景映像のみを提示した場合、それらの風景映像を軸に目的地が反転してしまうことがある。実験により提案方式の妥当性を明らかにする。

2. 提案システムの実現方式

提案システムの特徴は、次に示す4機能を組み合わせることによって、利用者の方向認識に貢献する風景映像群を自動選択するためのメカニズムを実現することにある。

(機能-1) 目立つ風景映像選択機能

(機能-1.1) TF・IDF 特徴量による風景映像選択機能

(機能-1.2) コントラスト差による風景映像選択機能

(機能-2) 地理的専門知識による風景映像選択機能

(機能-3) 方位角の差による風景映像選択機能

本節では、各機能の実現方式、ならびに、それらの機能の組み合わせ方式について述べる。

2.1 データ構造

提案システムは、風景映像データベースと地理的専門知識データベースに基づいて定式化される。

風景映像データベースとは、事前に収集された各地点からの風景映像を保持するデータベースである。その構造は、(画像, 緯度経度, 方位) の3対の集合として定義される。風景映像データベースの構造を図2に示す。ここで、画像とは、各地点において撮影された8方向の風景映像を表す。緯度経度とは、各画像の撮影地点の緯度経度を表す。方位とは撮影地点から各画像への撮影方向を表す。



図 3 地理的専門知識データベースの構造

地理的専門知識データベースとは、地理オブジェクトと、そのオブジェクトの地図における重要度の対応付けを保持するデータベースである。なお、地図における地理オブジェクトの重要度は、地図製作者によって与えられるものとする。地理的専門知識データベースの構造を図3に示す。その構造は、(地理オブジェクト ID, 地理オブジェクト名, 緯度経度, スケール1の地図における出現の有無, スケール2の地図における出現の有無, ..., スケールMの地図における出現の有無) からなる M + 3 対の集合として定義する。ここで地理オブジェクト ID とは、地理オブジェクトの識別子を表す。地理オブジェクト名とは、地理オブジェクトの名称を表す。緯度経度とは、地理オブジェクトに関連付けられた地点の緯度経度を表す。スケール s ($s = 1 \sim M$) の地図における地理オブジェクトの出現の有無を、0(未出現) または 1(出現) として表現する。異なる縮尺の地図群に出現する地理オブジェクトを、多くの人が利用する可能性が高い地理オブジェクトであると仮定する。

2.2 実行手順

提案システムの実行手順を次に示す。図4はその実行例を表す。

Step-1: 現在地の緯度経度と地図構成要素とする風景映像数の取得

現在地の緯度経度をモバイル端末等に搭載されている既存の位置検出技術により取得する。さらに、地図構成要素とする風景映像数 k を利用者より取得する。

Step-2: 利用者の現在地から視認される風景映像の取得

風景映像データベースから現在地と一致する撮影地点を有する風景映像群を取得する。

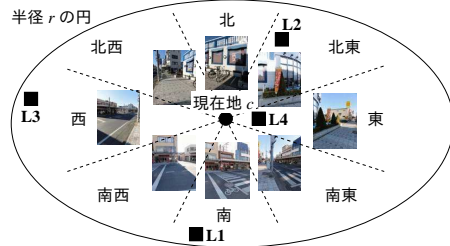
Step-3: 方向認識支援可能な風景映像の選択

提案システムは, Step-2 において収集された風景映像群の中から方向認識支援可能な k

Step-1: 利用者からの入力値取得

ここでは、GPSによって現在地が与えられたとする。
1に3が与えられたとする。

Step-2: 利用者の現在地と一致する撮影値を持つ風景映像選択



Step-3: 1枚目の風景映像選択

(a) 機能-1による目立つ風景映像選択

	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
各色のTF値	赤 0	0	0	0.2	0.3	0	0	0
緑	0.2	0.3	0.3	0	0	0.2	0.2	0.3
青	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7
各色のIDF値	赤 0	0	0	$\log(8/2)$	$\log(8/2)$	0	0	0
緑	$\log(8/5)$	$\log(8/5)$	$\log(8/5)$	0	0	$\log(8/5)$	$\log(8/5)$	$\log(8/5)$
青	0	0	0	0	0	0	0	0
代表色	緑	緑	緑	赤	赤	緑	緑	緑
(TF・IDF値)	(0.09)	(0.14)	(0.14)	(0.28)	(0.42)	(0.09)	(0.09)	(0.14)

(b) 機能-2による利用者が直近で利用した可能性のあるランドマークの方向を示す風景映像選択

地理的専門知識DB 地理オブジェクトID	1	2	3	4	各地理オブジェクトの重要度計算	候補風景映像 (重要度)
L1	0	1	1	1	$mapObj(L1) = 0.9$	南(0.9)
L2	0	1	1	0	$mapObj(L2) = 0.4$	北東(0.4)
L3	1	1	1	1	$mapObj(L3) = 0.8$	西(0.8)
L4	1	0	0	0	$mapObj(L4) = 0.4$	東(0.4)

(e-1) 1枚目の風景映像選択

代表色	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
のTF・IDF + 重要度	0.09	0.54	0.54	0.28	1.32	0.09	0.89	0.14

1枚目の風景映像

Step-3: 2枚目の風景映像選択

(c-2) 機能-1.2による選択済み映像とコントラスト差のある風景映像選択

代表色の色相値	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
	45	45	45	0	0	45	45	45
代表色のコントラスト差	0.4	0.4	0.4	0	0	0.4	0.4	0.4

↓

選択済み

(d-2) 機能-3による選択済み映像と方位差のある風景映像選択

方位差	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
	1	0.92	0.71	0.38	0.00	0.38	0.71	0.92

(e-2) 2枚目の風景映像選択

代表色のTF・IDF値+重要度+コントラスト差+方位差	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
	1.49	1.86	1.65	0.66	-	0.66	2	1.46

2枚目の風景映像

Step-3: 3枚目の風景映像選択

(c-3) 機能-1.2による選択済み映像とコントラスト差のある風景映像選択

1枚目との差	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
	0.4	0.4	0.4	0	-	0.4	-	0.4
2枚目との差	0	0	0	0.4	-	0	-	0

↓

0	0	0	0	0	-	0	-	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

(d-3) 機能-3による選択済み映像と方位差のある風景映像選択

1枚目との差	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
	1	0.92	0.71	0.38	-	0.38	-	0.92
2枚目との差	0.71	0.92	1	0.92	-	0.38	-	0.38

↓

0.71	0.85	0.71	0.35	-	0.14	-	0.35
------	------	------	------	---	------	---	------

(e-3) 3枚目の風景映像選択

代表色のTF・IDF値+重要度+コントラスト差+方位差	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
	0.8	1.39	1.25	0.63	-	0.23	-	0.49

3枚目の風景映像

図4 提案システムの実行例 (k = 3 の場合)

枚の風景映像を選択する。Step-3は、次の手順により実行する。

Step-3.1: 1枚目の風景映像選択

現在地周辺の風景映像群において目立ち、かつ、地図利用者が直近に利用した可能性の高い地理オブジェクトの方向にある風景映像を1枚目の風景映像として選択する。この手順を(機能-1.1)と(機能-2)を組み合わせて実現する。

Step-3.2: 2枚目以降k枚目までの風景映像選択

Step-3.1で算出された結果に加え、すでに選択された風景映像とのコントラスト差、ならびに、方位差に注目することによって、2枚目以降k枚目までの風景映像選択を繰り返し実行する。この手順を4機能を組み合わせて実現する。

Step-4: 地図の構成

選択されたk枚の風景映像を現在地からの方位に合わせて地図上に配置する。この風景映像によって、ユーザーの地図と実空間の等価性評価を支援し、方向認識を可能にする。図5は、その出力例を表す。丸で囲まれた画像が提案システムによって選択された風景を表す。

Step-3.1, ならびに, Step-3.2の実現方式を次節において述べる。

2.2.1 1枚目の風景映像選択

まず、次の実行手順により、目立つ風景映像を選択する。これらの手順により(機能-1.1)を構成する。

(機能-1.1)の手順-1: 風景映像を構成する各ピクセルのRGB値のHSV値への変換
人の視覚にもとづいた目立つ風景映像選択を実現するために、風景映像の各ピクセルのRGB値をHSV値に変換する。ここで、HSVは、色をH(色相), S(彩度), V(明度)の3つによって識別するカラーモデルである。HSVは、人の感覚に促した色の識別に適したカラーモデルとして位置付けられる。

(機能-1.1)の手順-2: 風景映像を構成する各ピクセルの減色
各ピクセルを、その色相Hの値に従って、「赤」、「黄」、「橙」、「緑」、「水」、「青」、「紫」、「桃」8色のいづれかに分類する。各ピクセルを特定色に分類する理由は、人の視覚からは等価と判断されるが、コンピュータの内部表現が異なる色を同一色として扱うためである。これにより人の感覚に促した色の統計値を得ることが可能になる。分類の基準を表1に示す。

(機能-1.1)の手順-3: 各風景映像毎における各色のTF値算出
各風景映像における各色の出現割合を算出する。本稿では、彩度値の大きい色を、

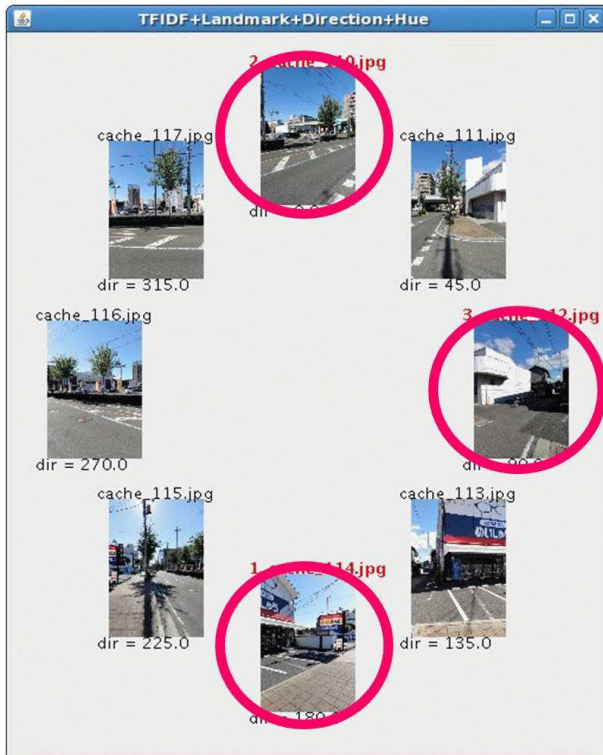


図5 提案システムの出力例

風景映像内の目立つ色と認識する。

(機能-1.1) の手順-4: 各色の DF 値算出

ある色の DF 値とは、現在地周辺の 8 風景映像のうち、その色が出現した風景映像数を表す。ここで、ある色が風景映像に出現するとは、その色の TF 値が閾値以上であることとする。プロトタイプシステムでは、その閾値に 0.03 を使用した。ここで、TF 値による色の風景映像内出現を判断する理由は、その閾値を下回る TF 値を有する色は、その風景映像内において人が認識できないおそれがあるためである。したがって、そのような色はその風景映像には存在しないと判断する。

(機能-1.1) の手順-5: 各風景映像毎の各色の TF・IDF 値算出

表 1 色相の値による色の分類

色の種類	赤	橙	黄	緑
色相 H の値	0.91~1.0 or 0~0.05	0.06~0.1	0.11~0.18	0.19~0.46
色の種類	水	青	紫	桃
色相 H の値	0.47~0.55	0.56~0.72	0.73~0.84	0.85~0.9

各色の TF・IDF 値を次の式により算出する。

$$tfidf(c, I_i) = tf_{c, I_i} \times \log \frac{N}{df_c} \quad (1)$$

c は色の識別子を表す。 I_i は識別子 i をもつ風景映像を表す。 tf_{c, I_i} は識別子 i をもつ風景映像における色 c の TF 値を表す。 N は現在地から視認される全風景映像数を表す。本稿では、 $N = 8$ とする df_c は色 c の DF 値を表す。ただし、DF 値が 0 である色の、TF・IDF 値を 0 とする。この式は、単一の画像内で比較的多く出現し、かつ現在地から視認される少数の風景映像群に出現する色を識別するものである。つまり中頻度に出現する色を目立つ色として識別する。

(機能-1.1) の手順-6: 各風景映像の代表色決定

各風景映像内で最も TF・IDF 値の大きい色をその風景映像の代表色とする。ただし、全ての TF・IDF 値が 0 である風景映像の代表色は、最も大きい TF 値を有する色とする。

図 4 の Step-3.1 (a) に (機能-1.1) の実行例を示す。この例では、風景画像を構成する各ピクセルの色値を赤、青、あるいは、緑のいずれかに減色するものとする。南方向の風景映像の赤色は、ある程度の割合で出現し、かつ、8 枚中 2 枚の映像のみ中出现するため、人にとって最も目につく色の塊を表す。さらに、各風景映像における最大の TF・IDF 値を有する色がその映像の代表色として設定される。一方、青色は、すべての映像に出現するため、最も目立たない色として扱われる。結果として、どの風景映像の代表色にも選ばれない。

次に、利用者が直近で利用した可能性の高い地理オブジェクトの方向を示す風景映像を選択する。これらの手順により (機能-2) を構成する。

(機能-2) の手順-1: 地図における地理オブジェクトの重要度計算

地図における地理オブジェクトの重要度を、次の式を用いて算出する。

$$mapObj(i) = \alpha \frac{m(i)}{M} + (1 - \alpha) \left(\frac{r - d(i, o)}{r + 1} \right) \quad (2)$$

ここで、 $m(i)$ は識別子 i をもつ地理オブジェクトの出現する地図関数を返す関数を表す。M は地理オブジェクトの出現する最大地図関数を表す。 r は重要度計算対象地理オブジェクトを識別するためのパラメータであり、現在地を中心とする円の半径を表す。つまり、機能-2 を、その円内にある地理オブジェクトの重要度のみを計算するように実装する。この r は利用者によって与えられるものであり、利用者が重要と判断した地理オブジェクトをその重要度計算の対象とする。 $d(i, o)$ は地理オブジェクト i と現在地 o 間の距離を返す関数を表す。 α は第 1 項と第 2 項の優先度を調整するための定数を表す。この式の第 1 項は異なる縮尺の地図に出現しつづける地理オブジェクトほど大きい値をとる。提案システムでは、地図の縮尺を変更しても画面内に出現しつづける地理オブジェクトを、多くの人に利用される地理オブジェクトであると想定する。すなわち、それらを、利用者が直近で利用した可能性の高い地理オブジェクトとみなす。第 2 項は、現在地から近い地理オブジェクトほど大きな値をとる。これより本式は、地図利用者が直近に利用した可能性が高く、現在地から近くにある地理オブジェクトを識別する。

(機能-2) の手順-2: 現在地からの方位による地理オブジェクトの分類

現在地から地理オブジェクトへの方位に基づいて、風景映像と同様の「北」、「北東」、「東」、「南東」、「南」、「南西」、「西」、「北西」の 8 グループに地理オブジェクトを分類する。

(機能-2) の手順-3: 各風景映像の最重要地理オブジェクトの決定

各グループのなかで、最も重要度の大きい地理オブジェクトを、同じ方向にある風景映像の最重要地理オブジェクトとする。

図 4 の Step-3.1 (b) に (機能-2) の実行例を示す。この例は、重要度判定対象範囲内にある 4 地理オブジェクトに対する重要度計算が実行され、図に示す結果を得られた後の、それらの重要度に基づいた風景映像選択の様子を表す。各方向における最大の重要度を風景映像に割り当てる。

その後、風景映像毎に (機能-1.1) と (機能-2) の結果の和を求め、その最大値を有する風景映像を 1 枚目として選択する。図 4 では、Step-3.1 (e-1) より、「南」方向にある風景映像が 1 枚目として選択される。

2.2.2 2 枚目以降 k 枚目までの風景映像選択

まず、すでに選択された風景映像と未選択の風景映像とのコントラスト差を次の式によって算出する。提案システムでは、この値算出を (機能-1.2) として実現する。

$$\text{con}S(\{S_1, S_2, \dots, S_{n-1}\}, I_l) = \prod_{i=1}^{n-1} \text{con}(S_i, I_l) \quad (3)$$

これは、 $n(\leq k)$ 枚目の風景映像を選択する際に用いるコントラスト差を計算するための式を表す。ここで、 S_i は i 番目に選択された風景映像を表す。 I_l は識別子 l を持つ風景映像を表す。ただし、 l には未選択の風景映像の識別子のみが入る。2 風景映像間のコントラスト差を次の式によって求める。

$$\text{con}(I_i, I_j) = \sin \frac{|H(rc_{I_i}) - H(rc_{I_j})|}{2} \quad (4)$$

ここで、 $H(c)$ は、風景映像の代表色 c の色相値を 0~360 に収まるよう正規化する関数を表す。式 (4) における $H(rc_{I_i})$ は識別子 i をもつ風景映像の代表色の色相値を正規化する。この式は、2 つの色相の差が 180 のときに最大値 1 をとり、0 のときに最小値 0 をとる、これより 2 つの色が補色の関係に近い程コントラスト差が大きいと認識する。以上により、本機能は、既に選択された風景映像群とコントラスト差の大きい風景映像を次の目立つ風景映像として認識する。図 4 の Step-3.2 (c-2)、ならびに、(c-3) に、すでに選択された風景映像とのコントラスト差算出例を示す。(c-2) より、6 枚の緑を代表色とする風景映像は、赤を代表色とする「南」方向を示す風景映像と最も大きなコントラスト差がある。

次に、すでに選択された風景映像と未選択の風景映像との方位差を次式によって算出する。提案システムでは、この値算出を (機能-3) として実現する。

$$\text{dir}S(\{S_1, S_2, \dots, S_{n-1}\}, I_l) = \prod_{i=1}^{n-1} \text{dir}(S_i, I_l) \quad (5)$$

これは、 n 枚目の風景映像を選択する際に用いる方位角の差を計算するための式を表す。ここで、 S_i は i 番目に選択された風景映像を表す。 I_l は識別子 l を持つ風景映像を表す。ただし、 l には未選択の風景映像の識別子のみが入る。2 つの風景映像間の方位角の差を次の式によって算出する。

$$\text{dir}(I_i, I_j) = \sin \frac{|D(I_i) - D(I_j)|}{2} \quad (6)$$

ここで、 $D(I_i)$ は識別子 i をもつ風景映像の方位角を返す関数を表す。この式は 2 つの風景映像間の配置が離れているほど大きな値をとる。以上により、本機能は既に選択さ

れた風景映像との方位角の差が大きい風景映像を識別する。図4の Step-3.2 (d-2), ならびに, (d-3) に, すでに選択された風景映像との方位差算出例を示す。

最後に, 各風景映像毎の4機能の各算出値の和を求め, その最大値を有する風景映像を n 枚目の映像とする。図4の Step-3.2 (e-2), ならびに, (e-3) に, 2枚目, ならびに, 3枚目の風景映像選択例を示す。2枚目には「西」方向を示す風景映像が, 3枚目には「北東」方向を示す風景映像が選択される。

3. 評価実験

3.1 目的

次の4機能の組み合わせによる利用者の方向認識支援システム(提案システム)の妥当性評価を行った。

(機能-1) 目立つ風景映像選択

(機能-1.1) TF・IDF 特徴量による風景映像選択

(機能-1.2) コントラスト差による風景映像選択

(機能-2) 地理的専門知識による風景映像選択

(機能-3) 方位角の差による風景映像選択

ここで, 妥当性とは, 提案システムが, 現在地周辺の8風景映像群から, 方向認識に貢献する風景映像を選択できることを表す。提案システムの妥当性を, 提案システムが出力された k 枚の風景映像のうち, 方向認識に貢献するものの数を数えることによって明らかにする。4機能の組み合わせ効果を明らかにするために, 比較対象システムとして, それらのうちの3機能, 2機能を組み合わせたシステム, ならびに, 1機能のみを有するシステム, ランダムに風景映像を選択するシステムを実装した。

3.2 方法

3.2.1 比較対象

4機能の組み合わせ効果を明らかにするために, 表2に示す13システムを実装し, その性能を比較した。表2は, システムと装備した機能の対応関係を表す。各システムには, 現在地周辺の3枚の風景映像を選択させた。各システムに装備した機能は次のとおりである。

提案システム: 4機能全てを装備したシステム

ランダム: 8枚の風景映像からランダムに指定個数の風景映像を選択するシステム

システム2: 機能-1.1のみを装備したシステム

システム3: 機能-2のみを装備したシステム

表2 提案システム, ならびに, 比較対象システム

装備機能	地理的専門知識+方位差	方位差	地理的専門知識	未使用
コントラスト差+TF・IDF	提案システム	システム11	システム10	システム6
コントラスト差	システム12		システム8	
TF・IDF	システム9	システム5	システム4	システム2
未使用	システム7		システム3	ランダム

システム4: 機能-1.1と機能-2の2機能を装備したシステム

システム5: 機能-1.1と機能-3の2機能を装備したシステム

システム6: 機能-1.2と機能-2の2機能を装備したシステム

システム7: 機能-2と機能-3の2機能を装備したシステム

システム8: 機能-1.2と機能-2の2機能を装備したシステム

システム9: 機能-1.1と機能-2, 機能-3の3機能を装備したシステム

システム10: 機能-1.1と機能-1.2, 機能-2の3機能を装備したシステム

システム11: 機能-1.1と機能-1.2, 機能-3の3機能を装備したシステム

システム12: 機能-1.2と機能-2, 機能-3の3機能を装備したシステム

機能-1.2と機能-3は1枚目の風景映像選択に使わないので, 機能-1.2のみ, 機能-3のみ, 機能-1.2と機能-3組み合わせを装備する3システムを比較対象から除外した。

3.2.2 評価方法

本評価実験において, 次の式に示す精度により, 提案システムの妥当性を評価した。

$$\text{精度} = \frac{\text{システムが出力した風景映像のうち, 方向認識に貢献する風景映像の数}}{\text{方向認識に貢献する風景映像の総数}} \quad (7)$$

ここで, 方向認識に貢献する風景映像を, 略地図に掲載された地理オブジェクトを写すものとした。この理由は, 略地図に掲載された地理オブジェクトが, その略地図作成者が方向認識や地点認識に貢献するものと考えられるからである。本実験において, 「桐生市 地図」をキーワードとして Google 画像検索システムが返す全略地図画像を収集し, それらの地図上に掲載された地理オブジェクトを写す風景映像を方向認識に貢献する風景映像とした。収集した略地図画像数は48であった。各略地図画像に1現在地を設定し, 方向認識に貢献する風景映像を数えた。その総数は82であった。また48現在地を, 視覚的特徴の有無と地理的特徴の有無によって, 5グループに分類した。(表3)これは4風景映像選択機能が働くと思われるグループと一部の機能のみが働きやすいグループを用意することにより, 4機能の組み合わせ効果を明らかにするためである。(A)グループは, 現在地から視認可能な地理

表 3 実験地点 (48 地点) の分類

	視認可能オブジェクト数 ≥ 2		視認可能オブジェクト数=1
	異方向	同方向	
目立つオブジェクトあり	(A) 16 地点	(B) 6 地点	(C) 13 地点
目立つオブジェクトなし	(D) 6 地点		(E) 7 地点



図 6 撮影地点とその領域



図 7 地理的専門知識データベースの地理オブジェクト収集領域

オブジェクトが異なる方向に存在し、かつその地理オブジェクトの中に目立つものがある地点からなる。つまり (A) グループは、提案システムが比較対象システムより機能できる地点群と考えることができる。

3.2.3 実験環境

48 現在地の風景映像群からなる風景映像データベースの構築を行った。風景映像データベースの構築には、写真撮影時に写真に撮影位置の緯度経度と撮影方向を自動記録する市販デジタルカメラを用いた。1 地点につき 8 方向を撮影した。そのデータベース構築に 3 日を要した。図 6 は 48 現在地の分布を表す。

地理的専門知識データベース構築にあたり、GoogleMap から桐生市内の地理オブジェクト 4,377 件を抽出した。その構築に 4ヶ月を要した。図 7 は、地理的専門知識データベースを構成する全地理オブジェクトを含む領域を表す。

3.3 結果と考察

図 8 は、全 13 システムの各地点グループ毎の精度を表す。最も精度向上に貢献した機能は、(機能-2) の地理的専門知識による風景映像選択機能であった。これは今回正解として設定した、「略地図に記載されている地理オブジェクト」が汎用地図においても多く出現していたためであると考えられる。特に目立つ地理オブジェクトは地理的専門知識において多くの地図に出現していたため、(機能-2) の地理的専門知識による風景映像選択機能のみを用いたシステム 3 の精度は約 0.69 と比較的高い値を示した。よって (機能-2) の地理的専門知識による風景映像選択機能に重みを置くことにより、さらなる性能の向上が期待できると考えられる。

4 機能のうち最も性能低下の要因になった機能は、(機能-1.1) の TF・IDF 特徴量による目立つ風景映像選択機能であった。その理由は、目立つとされる地理オブジェクトが写真上では小さくなってしまい、TF・IDF 特徴量を用いても検出することができなかったためである。さらに、目立つ地理オブジェクトの色が青であった場合、空の青色と区別することができなかったため、そのオブジェクトを目立たない地理オブジェクトとして認識した。その結果、TF・IDF 特徴量のみを用いたシステム 2 は、ランダム以外のシステムとの比較において、最も低い精度を示した。したがって、TF・IDF 特徴量による目立つ風景映像選択機能の改善により、提案システムの性能向上が期待できる。

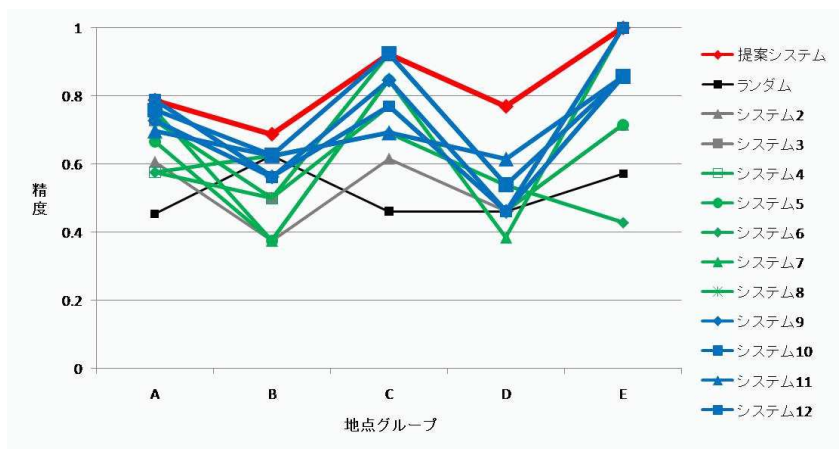


図 8 実験結果

次に性能低下の要因となった機能は、(機能-3)の方位角の差による風景映像選択機能であった。具体的には、実験地点の中に正解となる風景映像が同方向に偏っている地点に対して性能低下が確認された。これは略地図の作成方針と本研究の方位角の差による風景映像選択方針にミスマッチがあったためである。

各機能の組み合わせ数による平均精度を比較すると、1機能のみを装備したシステムの平均精度は約0.62、2機能を装備したシステムの平均精度は約0.63、3機能を装備したシステムの平均精度は約0.70、提案システムの精度は約0.80であった。これにより4風景映像選択機能を組み合わせる提案方式の妥当性が明らかとなった。

4. 関連研究

現在までに、風景映像と地図を組み合わせたシステムに関する研究が行われている。文献1)はパノラマ画像に位置情報と方位情報を持たせ、それらを地図上に配置し画像間の関係を生成することによって仮想空間を生成するシステムについて述べている。文献2)は利用者が現在地において視認する周辺風景を写真にとり、その写真をもとに利用者の位置を特定するシステムについて述べている。文献8)は現在地周辺にある道路標識の写真とGPS機能を組み合わせることにより利用者の位置を特定するシステムについて述べている。文献3)はオンライン地図とストリートビューにおける利用者の操作意図から利用者の意図を反

映したストリートビューを自動生成するシステムについて述べている。文献4)は地図と実際の風景とのギャップを無くすために航空写真を用いた地図を作成するシステムについて述べている。

また、提案方式と同様に地理オブジェクトによる利用者の空間認識支援を行うためのシステムに関する研究が行われている。文献6)は、経路認識に地理オブジェクト(ランダムマーク)が有効であるとし、その地理オブジェクトの視認性を定量化することにより、それにもとづいた案内地図を自動生成するシステムについて述べている。文献7)は、提案システムの先行研究として位置付けられるものである。現在地から近くにある地理オブジェクトと遠くにある地理オブジェクト間の空間的関係を近似表現に変換することによって、それらの空間的関係を一覧提示するためのシステムについて述べている。これらのシステムと提案システムの相違点は、風景映像と地理的専門知識を組み合わせる利用者の方向認識を支援するためのシステムを実現する点にある。これにより、地図利用者が、地図上の地理オブジェクトと周辺地理オブジェクトの対応付けを容易にし、目的地、経由地、ならびに、出発地の現在地からの方向を認識することを可能にする。

5. おわりに

本稿では、利用者が現在地から視認される風景映像を地図の構成要素に加えることにより、地図利用者が地図と実空間との対応付けを支援する地図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、現在地から視認される風景映像群から実空間と対応付け可能な情報を含む風景映像を選択する機能の実現にある。次の4風景映像選択機能を組み合わせることの妥当性評価実験の実施をした。

(機能-1) 目立つ風景映像選択

(機能-1.1) TF・IDF 特徴量による風景映像選択

(機能-1.2) コントラスト差による風景映像選択

(機能-2) 地理的専門知識による風景映像選択

(機能-3) 方位角の差による風景映像選択

実験結果から、各機能を追加装備することにより、順次、方向認識支援システムの性能向上が確認された。これにより、4機能を組み合わせることの妥当性を明らかにした。

今後の課題として、提案システムの方向認識支援機能の被験者による検証、目立つ風景映像選択機能の改善、風景映像データベース構築時の撮影方法の検討、ならびに、風景映像の地図への配置方法の検討が挙げられる。

参 考 文 献

- 1) 池田 隼, 国島 丈夫, 横田 一正:パノラマ画像を用いた仮想空間構築, 日本データベース学会 Letters Vol. 5, No. 1
- 2) 石川 幹直, 長尾 政宏, 細川 宜秀, 高橋 直久: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, DEWS2004(2004)
- 3) 小林 香織里, 北山 大輔, 角谷 和俊:オンライン地図におけるユーザ操作に基づくストリートビュー自動生成システム, DEIM2010(2010)
- 4) 小林 祐貴, 平田 泰章, 井上 亮文, 市村 哲:地図情報と航空写真を併用した案内地図作成サービス, IPSJ SIG Technical Report(2008)
- 5) Salton, G. and Yang, C. S.:On the specification of term values in automatic indexing. Journal of Documentation, 29(4), 351-372(1973)
- 6) 中澤 啓介, 北 望, 高木 健士, 井上 智雄, 重野 寛, 岡田 謙一:ランドマークの視認性に基づいた動的な案内地図作成, 情報処理学会論文誌, Vol49, No. 1, pp-233-241(2008)
- 7) 中澤 優一郎, 細川 宜秀, 永島 和矩:空間的関係の自動近似を伴う周辺情報提示機構の実現方式, DEIM2010(2010)
- 8) 宮川 了, 戸川 望, 柳澤 政生, 大附 辰夫:位置特定のための携帯電話向け道路標識認識アルゴリズム, DICOMO2008(2008)