

象徴性と相対的场所性に基づく 強いランドマーク検索システムの実現方式

中澤優一郎[†] 山本 隆徳^{††} 細川 宜秀[†]

[†] 群馬大学大学院工学研究科情報工学専攻

^{††} 群馬大学工学部情報工学科

あらまし 本稿では、先行研究において実現したランドマーク検索システムの、ネットワーク環境に接続された小型タブレット端末への実装方式を提案する。ここで、先行方式の主要な特徴は、ランドマーク象徴性、ならびに、利用者の現在地からのランドマークの相対的场所性の定量化手法を実現したことにある。ここで、ランドマーク象徴性とは、人の集積、交流、ならびに、人々の目に触れる機会を通して認識される性質を表す。例えば、駅や市役所は、象徴性度合いの大きいランドマークとして認識されている。強いランドマークとは、その両特性が人に強く認識されるものを指す。これにより、提案方式ではそれらをその両特性の度合いが大きいランドマークと定義する。提案方式の主要な特徴は、既存のライブラリを用いることによって、先行方式に基づいたランドマーク検索システムの実装を簡素化する点にある。さらに、本稿の貢献として、83名の被験者による実機を用いた評価実験により、提案方式の実装可能性、妥当性、ならびに、有用性を明らかにすることが挙げられる。

キーワード 地理情報システム, 地理情報検索, ランドマーク, 空間認知学

1. はじめに

現在、広域ネットワーク上に地域情報源が形成されている。並行して、無線ネットワーク技術、位置センシング技術、端末の小型化技術が実用化された。これらより、移動利用者がいつでもどこでも現在地周辺の地理情報にアクセスできるようになりつつある。ここで、現在地周辺の地理情報とは、移動利用者の現在地周辺内にある地点と、その地点に関連する情報を指す。以後、本稿では、現在地周辺の地理情報を「周辺情報」と略す。周辺情報の多くは、それが関連する地点の緯度経度が付与されたマルチメディア・データとして表現される。また、移動利用者を「利用者」と略す。

周辺情報がしばしば、利用者の近未来の社会活動を向上させることを踏まえると、利用者が広域ネットワークを介して周辺情報獲得を支援するためのソフトウェアは、広域ネットワーク上の地域情報源からいつでもどこでも情報獲得を可能にするユビキタス情報社会形成の本質的支柱の1つとなりえる。

そのソフトウェアの本質的要件の1つは、利用者に、彼らの欲する周辺情報と、彼らが知っている（認知している）複数のランドマークの集約・提示技術を確立することにある。これは、利用者が、知っているランドマーク間の空間的關係から、それらのランドマークと彼らの欲する周辺情報間の空間的關係を想起できるという心理学の成果に基づく[2]。

文献[10]によれば、人によるランドマークの認知度は、社会におけるランドマークの持つ特性によって決定される。次の4特性は、その代表的特性と位置づけられる。

象徴性: 象徴性を有するランドマークとは、人々が集積し(集

中性)、接触し、交流することにより人々の目に触れる機会(衆目性)の多いものを指す。例えば、駅や公園は、強い象徴性を有するランドマークとみなされる。

場所性: ランドマークは主に2つの場所性を有する。第1の場所性は、相対的场所性と呼ばれる。これは、そのランドマークと人との間の物理的距離が小ささによって定義される。第2の場所性は、絶対的场所性と呼ばれる。これは、そのランドマークと象徴性を満たすランドマークとの間の物理的距離が小ささによって定義される。例えば、駅周辺に位置するランドマークは、その駅から離れたランドマークよりも高い絶対的场所性を有する。

記号性: 記号性を有するランドマークとは、人にそのランドマークを認知させることを促進する標識を有するものである。たとえば、銀行などの看板を有する建物は、記号性を有するランドマークとみなされる。

視認性: 視認性を有するランドマークとは、多くの場所から視認されやすいものを指す。例えば、東京スカイツリーは、強い視認性を有するランドマークとみなされる。

本稿では、人によるランドマークの認知度合いを、ランドマークの強さと定義する。

我々は、文献[5]において、ランドマークの象徴性と相対的场所性の度合いを計算するための手法、ならびに、ランドマークの強さを、それら2つの度合いを合成することによって算出するための手法を実現した。この方式では、異なる縮尺を持つ地図の集合が与えられた時、そのランドマークを含む地図の数によって、ランドマークの象徴性の強さを定義する。この定義は、象徴性の強いランドマークがあらゆる縮尺の地図に出現す

ることが多く観察されることに基づく。これより、電子地図から象徴性の強いランドマークを抽出することが可能になる。

本稿では、先行方式に基づいたランドマーク検索システムの、ネットワーク環境に接続された小型タブレット端末への実装方式を提案する：提案方式の主要な特徴は、既存のライブラリを用いることによって、ランドマーク検索システムの実装を簡素化する点にある。さらに、本稿の貢献として、83名の被験者による実機を用いた評価実験により、提案方式の実装可能性、妥当性、ならびに、有用性を明らかにすることが挙げられる。

2. 象徴性と相対的场所性に基づいた強いランドマーク検索システムの実装方式

本節では、まず、先行方式の概要について述べる。次に、先行方式の、ネットワーク環境に接続された小型タブレット端末への実装方式を提案する。

2.1 強いランドマーク選択機能の実現方式（先行方式）

提案方式では、地図製作者の製作意図、知識、ノウハウを表現する地理的専門知識データベースを基礎として、ランドマークの象徴性度合いの定量化を行う。このデータベースは、異なる縮尺（スケール）を持つ複数の地図群におけるランドマークの出現頻度を、地図製作者が定める周辺情報の象徴性の強さを表すものとする。これは、我々の観察に基づく。先行方式とは、次の式によって、 i 番目のランドマークの強さを計算するものである。

$$Power(i) = \alpha \times \frac{m(i)}{M} + (1 - \alpha) \times \left(\frac{r - d(i, c)}{r + 1} \right)^p \quad (1)$$

ここで、この式の第1項は、ランドマークの象徴性の強さを表す。その第2項は、現在地 c を起点としたランドマークの相対的场所性を表す。なお、各項の単位をそろえ、合成できるよう、各項を正規化する。 M は、地理的専門知識データベースを構成する地図のスケールの個数を表す。ここで、地理的専門知識データベースを、対（ランドマーク ID、ランドマーク名、緯度経度、スケール 1 の地図における出現有無、スケール 2 の地図における出現有無、 \dots 、スケール M の地図における出現有無）からなる集合として定義する。ランドマーク ID とは、ランドマークの識別子を表す。ランドマーク名はランドマークの名称を表す。緯度経度はランドマークに関連付けられた地点の緯度経度を表す。スケール j ($j = 1 \sim M$) の地図におけるランドマーク出現有無を、0（未出現）、または、1（出現）により表現する。地理的専門知識データベースは、ランドマークの象徴性度合いを算出するのに使われる。現在の地理的専門知識データベースの M は 9 である。 $m(i)$ は、そのデータベースに保持される i 番目のランドマークが出現する地図数を表す。提案方式では、その円領域に存在するランドマークを検索候補とする。 $d(i, c)$ は、 i 番目のランドマークと現在地 c 間のユークリッド距離を表す。 p は、遠方のランドマークに対する近隣のランドマークの優先度合いを表す。なお、 p を 1 以上の実数とする。例えば、 p を大きくすると、遠方のランドマークの相対的场所性が強くなる。 α は、相対的场所性度合いに対する象徴性の重要度を表す。この値は 0 から 1 の間の値をとる。 α を 1



図 1 iPad 上に実装した提案検索インターフェース

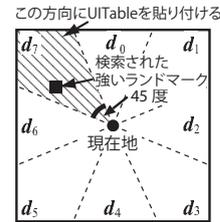


図 2 ランドマークと UITable の対応 (方向数 $d = 8$)

に近づけることによって、現在地 c と独立した象徴性の強いランドマークを検索することが可能になる。

最後に、 $Power(i)$ の値がしきい値 τ 以上であり、 $Power(i)$ の値上位 k 個のランドマークを強いランドマークとみなす。

2.2 先行方式に基づいた強いランドマーク検索システムの実装方式

本節において、先行方式を小型タブレット端末に実装する方式を述べる。ここでは、小型タブレット端末に iPad を想定する。

2.2.1 検索インターフェース

提案検索インターフェースは、画面中心に配される地図画像と、 d_i 方向ごとに配されるランドマーク検索結果リストからなる。本実装では、ランドマーク検索結果リストを iOS SDK UITable により実装した。この理由は、ランドマーク検索結果リストを簡易に実装できること、ならびに、検索されたランドマークにマークを付けられる点にある。これは、検索されたランドマークの中から、検索者が知っているものにマークを付けることによって、次の 2 種類のランドマークの区別を容易に行えると考えたことによる：(1) 興味があるものと知っているもの、ならびに、(2) 興味のないものと知らないもの。

本実装では、画面に対する UITable のサイズを考慮し、図 2 に示すように、周辺を 45 度ずつに区切った 8 つの UITable を画面に配した。個々の UITable には、割り当てられた方向にある最大 8 つの強いランドマークが、現在地から近い順に配される。

利用者は、このインターフェースを介して、中心地図画像のスクロール、ならびに、 α 値の変更を行う。ここで、現在の実装では、中心地図画像の拡大、縮小操作を許していない。これは、画面中心に配される地図画像の用途を、利用者から視認される

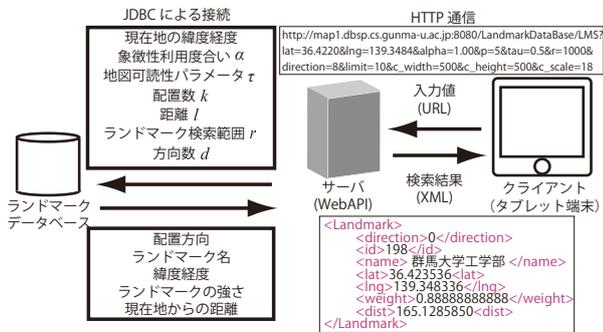


図3 提案システムの実装方式

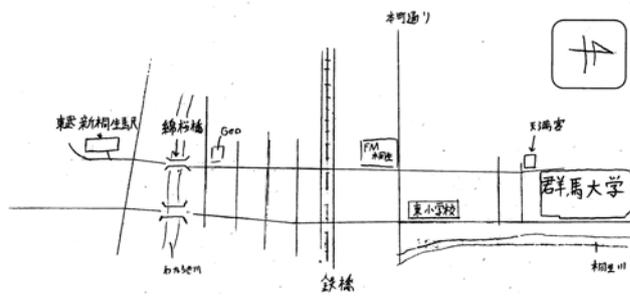


図4 実験方法：ある被験者のメンタル・マップ

現在地周辺の把握のみに限定しているためである。

2.2.2 中心地図画像の生成方式

マップデータベースは、図1に示す画面中心に配する利用者の周辺地図の構成要素、ならびに、その地図と画面間の写像を保持する。これを、対(地図識別子、中心緯度経度、スケール値、地図画像、画像サイズ)の集合として定義する。スケール値として、Google Mapのズーム値を使用する。地図画像は、本データベースが保持するスケール値と画面サイズからGoogleStaticMapsを用いて自動生成したものである。このマップデータベースは、図1に示す画面中心の座標を、対応する緯度経度に変換するのに使用される。さらに、これは、現在表示されている地図画像に表示されているランドマークを、ランドマーク検索結果から取り除くのに使用される。

2.2.3 ランドマーク検索システムの構成

提案システムは、図3に示すクライアント・サーバ型アーキテクチャに基づいて構築される。これは、ランドマーク検索機能をサーバに実現することによって、その機能を小型タブレット端末から独立に実装することにある。これにより、本稿第2.2.1に示したインターフェース開発工数の削減を目指す。

クライアントは、利用者からの入力値をサーバに転送すること、ならびに、検索されたランドマークと中心地図画像の画面内配置制御を行う。サーバは、地理的専門知識データベースとマップデータベースを対象としたランドマーク検索を実現する。これらのデータベース管理システムにPostGISを採用する。

既存のライブラリを用いた提案システムの簡易実装を達成するために、クライアント-サーバ間のデータ通信にHTTP通信を採用する。現在のサーバは、Apache Tomcatを用いて実装されている。クライアントからサーバへの入力値は、GETメソッドによって送信される。次の項目は、入力値を表す。

- 現在地の緯度経度 lat, lng
- 象徴性優先度合い α
- 地図可読性向上パラメータ τ
- ランドマーク検索半径 r
- 相対的場所性強調値 p
- 方向数 $direction$: UITableView の数を表す。
- 配置数 k
- 中心地図画像のサイズ c_width, c_height
- 中心地図画像のスケール値 z : この値と中心地図画像のサイズから、iPadの画面と地理空間の対応付けを行い、さら

表1 実験方法：被験者数と使用システム

被験者グループ	人数	使用システム
グループ-A	14	提案システム
グループ-B	15	Google Map

に、ランドマークを検索する地理空間上の領域の決定を行う。サーバは、検索されたランドマークを、現在地から近い順に並べ替え、独自のXML形式に整形した後、クライアントに送信する。ここで、XML形式を採用した理由は、サーバを改変することなく、XMLパーサを持つ異なる小型タブレット端末との通信を可能にするためである。

3. 実験

本実験の目的は、提案方式の妥当性、ならびに、有用性を明らかにすることにある。具体的には、提案方式によるランドマーク検索システムの次の2項目に関する評価を行った。

(評価-1) ランドマーク検索能力評価

(評価-2) 利用者の方向認識支援能力評価

これらの評価を、83名の被験者実験の結果に基づいて行った。

3.1 被験者実験

まず、群馬大学工学部情報工学科2年次生83名を被験者とした。彼らを被験者とした理由は、桐生に関する認知地図形成が途上にあることにある。つまり、(1)群馬大学工学部生は、2年次より桐生キャンパスにおいて勉学を始めること、(2)調査の結果、数名を除いて桐生以外の出身者であったことを考慮すると、彼らの多くは、桐生に定住、通学を始めて数ヶ月の状態にあり、桐生における一部の建物の記憶があると想定される。我々は、数ヶ月間ガイドブックなしに桐生に関する土地勘を養った状況を、出張先など土地勘のない検索者が、旅行の前にガイドブックを使ってその土地を調べた状況に近いと想定し、彼らを被験者とした。これにより、実利用を想定した提案方式の妥当性、ならびに、有用性評価が可能になる。

次に、被験者に15分を与え、次の2項目を紙に描かせた。(S-a) 群馬大学桐生キャンパスから東武新桐生駅までの地図(メンタル・マップ)

(S-b) 北の向き

ここで、メンタル・マップとは、人が記憶している地理オブジェクト間の空間的關係の一部を図として描いたものである。メンタル・マップは、認知地図の一部を可視化するための主要な手法として使用されている。図4は、ある被験者のメンタル・

表 2 実験方法：現在地と課題

現在地	課題-1	課題-2	課題-3
地点-0	桐生天満宮	JR 桐生駅	北
地点-1	大川美術館	JR 桐生駅	北
地点-2	桐生スターレーン	JR 桐生駅	北
地点-3	フレッセイ桐生南店	JR 桐生駅	北
地点-4	桐生警察署	JR 桐生駅	北
地点-5	横浜銀行桐生支店	JR 桐生駅	北
地点-6	桐生本町二局	JR 桐生駅	北



図 5 7 地点と被験者実験風景

表 3 課題ランドマークの認知度と現在地からの距離

(課題, 現在地)	(S-e) からの被験者認知度	(S-a) からのメンタル・マップへの記入率	現在地からの距離
(1, 1)	17 %	0 %	507 m
(1, 2)	24 %	0 %	317 m
(1, 3)	24 %	0 %	508 m
(1, 4)	10 %	0 %	566 m
(1, 5)	31 %	0 %	442 m
(1, 6)	10 %	9.7 %	471 m
(2, *)	100 %	93 %	879 m (平均)

マップを表示。

最後に、83 名のうち、表 1 に示す 2011 年度 2 年次生 29 名の被験者を、表 2、ならびに、図 5 に示す 7 地点に連れ出し、次の項目を実施させた。

(S-c) グループ-A の被験者に対して、各課題の解答を得るまでに検索したランドマークのうち、彼らが知っているランドマークを指摘させた。

(S-d) その地点から課題に示すランドマークへの向きを解答させた。ここで、表 2 に示したランドマークを、検索要求に適合するランドマークとみなす。

(S-e) 解答直後に、課題-1、ならびに、課題-2 に示したランドマーク位置を知っているか否かの有無を回答させた。これは、被験者の認知地図の間違い、つまり、被験者がそのランドマークを知っているが、記憶が正しく行われていないことを考慮した評価を行うためである。

なお、地点-0 を練習地点とし、両グループにシステム使用練習を行わせた。本実験の実施期間は、2011 年 7 月 26 日～2011 年 8 月 17 日であった。

3.1.1 実験環境

地理的専門知識データベースを、2009 年時の GoogleMap 上の桐生市内のランドマーク 4,377 から構成した。この構築は

人手によって行い、4 カ月を要した。

提案システム起動時の α を 0 とした。さらに、式 1 第 2 項を十分に機能させるため、 $r = 9,000 \text{ m}$ 、 $l = 5$ とした。また、提案システムの検索結果の可読性向上のため、 $\tau = 0.6$ とした。

3.2 (評価-1) 提案方式のランドマーク検索能力評価

3.2.1 被験者に与えた課題と評価-1 との関係

ランドマークの象徴性と相対的场所性を組み合わせた提案方式の妥当性を明らかにするために、次の異なる特性を有する 2 つのランドマークを課題対象とした。

(課題-1) 象徴性と相対的场所性によって強くなるランドマーク
(課題-2) 象徴性によって強くなるランドマーク

さらに、実利用状況における提案方式の有用性を明らかにするために、現在地から数百メートル離れたランドマークを課題対象とした。ここでの実利用状況とは、目的地にある程度近づき、目的地の位置や現在地からの方向を認識するためのランドマーク検索を行う状況を指す。利用者は、システムによって物理的に方向を指し示されるのではなく、実空間上の方向を認識することによって、進むべき方向の安心感を得ることができる。

結果として、表 3 に示すように、現在地から数百メートルにあり、 α を 0 より大きく 1 未満の間とした場合に検索されるものを課題-1 のランドマークとした。これらのランドマークは、表 3 に示す調査の結果から、ほとんどの被験者がその位置を知らないと回答したものであった。ここで、(S-e) からの被験者認知率とは、29 名の被験者のうち、課題に示したランドマークの位置を知っていると回答した被験者の割合を表す。(S-a) からのメンタル・マップへの記入率とは、83 枚のメンタル・マップのうち、課題に示したランドマークが記述されたメンタル・マップの割合を表す。

課題-2 のランドマークも同様に、現在地から数百メートルにあり、 α を 1 とした場合に検索されるものとした。課題-2 のランドマークと異なり、すべての被験者がその位置を知っていると回答した。

3.2.2 評価方法

ここでは、次の 4 項目から、提案方式のランドマーク検索能力を評価する

- ・ 課題に示したランドマーク発見時の α 値
- ・ 83 枚のメンタル・マップに出現する (S-c) のランドマークの割合
- ・ 83 枚のメンタル・マップに出現しない (S-c) のランドマークの個数
- ・ (S-c) のランドマーク発見時の α 値

3.2.3 結果と考察

表 4 は、(S-c) における課題ランドマーク総指摘回数とそれを発見した α 値の範囲を表す。ただし、表 3 から、ほとんどの被験者は、これらを知っているわけではなく、課題を解答するために指摘したものと考えられる。この結果から、 α 値を操作することによって、検索要求に適合するランドマークを検索できることが明らかとなった。

表 5 は、次の 4 集計値を表す：A: メンタル・マップ上に記入されたユニークなランドマーク数、B: (S-c) のユニークなラ

表 4 (S-c) の課題ランドマーク総指摘回数とそれを発見した α 値の範囲

ランドマーク名	(S-c) 指摘回数	α 値	
		最小	最大
大川美術館	13	0.41	0.74
桐生スターレーン	4	0.43	0.49
フレッセイ桐生南店	10	0.39	0.65
桐生警察署	5	0.32	0.48
横浜銀行桐生支店	4	0.44	0.56
桐生本町二局	4	0.48	0.72
桐生駅	95	0.39	1.00

表 5 被験者実験を介して得られたユニークなランドマーク数

A: メンタル・マップ	B: (S-c)	C: A \cap B	D: \neg A \cap B
123	88	32	56



図 6 表 5 の C 項目を検索するのに使用した α 値の範囲

ランドマーク数, C: メンタル・マップ上に出現した (S-c) のユニークなランドマーク数, D: メンタル・マップ上に出現しなかった (S-c) のユニークなランドマーク数. 表 5 は, 被験者が項目 C を検索するのに使用した α 値の範囲を表す. 横軸は項目 B に該当するランドマークを表す. 縦軸は α 値の範囲を表す. 点線は α 値の平均値を表す. 表 6 は, 10 枚を超えるメンタル・マップに描かれた象徴性の強いランドマークを表す. なお, 123 ランドマークの出現メンタル・マップ数の中央値は 2 であった. 表 7 は, 項目 D に該当するランドマークの一部を示す. なお, アスタリスク (*) の付いたランドマークは, 課題ランドマークを表す. 表 3 より, これらは, 被験者に知られているのではなく, 課題を解く過程においてマークしたものと考えられる.

表 5 と 図 6 より, 項目 C に該当するランドマークの約 80 % (= 70 / 88) のランドマークを α 値の操作によって検索可能であることが明らかとなった. このうち約 41 % (= (70 - 34) / 88) は, α 値を 0 より大きく 1 未満の値とすることにより検索されるものであった. すなわち, α 値操作によって, 現在地からある程度近くにあり, ある程度知っているランドマークを検索できることが明らかとなった.

さらに, 表 5 は, A 項目に該当するランドマークの約 26 % (= C/A) のみ検索できたことを示した. 一方, 提案方式は, 表 6 に示すメンタル・マップ頻出ランドマークの約 57 % (= 8/14) を検索したことを示した. これより, 提案方式は, 多くの人知っている象徴性の強いランドマーク検索を達成していることが明らかとなった.

約 43 % のメンタル・マップ頻出ランドマーク, ならびに, メ

表 6 メンタル・マップに頻出する強いランドマーク

(S-c) における指摘の有無	ランドマーク名	出現したメンタルマップ数
指摘有	群馬大学工学部	82
指摘有	桐生駅	68
	桐生天満宮	58
指摘有	新桐生駅	39
	長崎屋桐生店	27
指摘有	西桐生駅	25
指摘有	コープぐんま	21
	県立桐生工業高等学校	18
	デニーズ桐生未広町店	15
指摘有	セブンイレブン	14
	ジョイタウンホール	12
指摘有	ファミリーマート	12
指摘有	セブンイレブン	11
	桐生市有鄰館	11

表 7 メンタル・マップ上に出現しなかった (S-c) のランドマーク名
ランドマーク名 (抜粋)

象徴性の弱いもの	象徴性の強いもの
* 大川美術館	阿佐美駅
* フレッセイ桐生南店	桐生仲町郵便局
* 横浜銀行桐生支店	医療法人三思会東邦病院
* 桐生スターレーン	細井内科医院
W 早稲田ゼミ桐生校	北川内科クリニック
カナイ石油(株) 桐生給油所	桐生中央動物病院
ガソリンスタンド	桐生女子高
サワダ商店	県立あさひ養護学校
シャトレーゼ桐生店	県立桐生南高等学校
タケダ輪業三好町店	樹徳幼稚園
桐生メディカルセンター	水道山公園
桐生市水道局元宿浄水場	吾妻公園

ンタル・マップに稀に出現するランドマーク (少数の被験者から見た強いランドマーク) を検索できなかった主な理由は, 次のとおりである.

理由-1: 第 1 の理由は, 提案システムが検索結果をランドマーク名として出力するように実装されたことにある. この理由は, メンタル・マップに頻出したが, 提案システムによって検索できなかったランドマークに多く当てはまる. 例えば, 表 6 の「桐生天満宮」は, 図 4 に描かれているように, 多くのメンタルマップに「神社」や地図記号として記述されており, 被験者のメンタル・マップ上の記憶と地図上の正式名称の不一致が考えられる. 同様に, 群馬大学門前に位置するが「学校」として記述された「県立桐生工業高等学校」にも言えた. したがって, 現在の地図情報システムのように, ランドマークの種別を表すアイコンを付加するように提案システムを改造する必要があることが明らかとなった.

理由-2: 次の地理的専門知識データベースの不備が挙げられる: (a) 地理的専門知識データベース内の過去のランドマーク名と, 現在のランドマーク名の不一致, (b) ビル名とそのビルに入居している店舗名の不一致, ならびに, (c) 地理的専門知

識データベースに未登録のランドマーク・表 6 の「長崎屋桐生店」が 2010 年 6 月に「MEGA ドン・キホーテ桐生店」に名称変更を行ったため、2011 年度 2 年次の 29 名被験者の記憶と過去の名称の不一致が合ったと考えられる。したがって、詳しくない地域を対象とした利用者に対して、地理的専門知識データベースを常に最新のものとするための技術が必要であることが明らかとなった。なお、最新の地図データベース構築は、現在の地図情報システムにもいえる一般的な課題として位置づけられる。

理由-3: ランドマークの強さを、その象徴性と相対的场所性の観点から定式化するには不十分であった。例えば、表 6 の「ジョイタウンホール」は、桐生市中心街の 2 つのメインストリートの交差点に近く、桐生市商店街のイベント会場として機能している。すなわち、ジョイタウンホールは、桐生市商店街の象徴的ランドマークとして位置づけられる。しかし、どの現在地からも遠くに位置し、電子地図の出現頻度に基づいた象徴性が弱いため、被験者には検索されなかった。これは、ジョイタウンホール周辺に多くのランドマークが存在し、地図上に表示する際、地図製作者の意図により、他のランドマークよりも表示優先度が低くなったと考えられる。そこで、ランドマーク間の場所性など他の要素を取り入れることによって、提案方式の改良を行う必要がある。文献 [12] は、この改善方法の 1 つを提案している。

理由-4: 提案方式は、被験者個別のランドマークの強さを計量することができなかった。これは、提案方式が、ランドマークの強さのパーソナライゼーション機能を実現していないことによる。この理由に該当するランドマークの多くは、被験者のアパートのような、メンタル・マップに稀に出現し、象徴性の弱いものであった。これより、理由-3 において述べた提案方式の改良に加え、ランドマークの強さのパーソナライゼーション機能を実現することが必要となる。

一方、表 7 より、メンタル・マップには記入されなかった、つまり、メンタル・マップに記入されたものより潜在的に記憶されているランドマークを α 操作により検索できたことが明らかとなった。

以上より、提案方式の不備の多くは、現在の地図情報システムがすでに解決した、あるいは、現在抱えている問題点であった。その結果、ランドマークの象徴性と相対的场所性の定量化方式、ならびに、それらを組み合わせることによるランドマークの強さの定式化妥当性が明らかになった。

3.3 (評価-2) 提案方式の方向認識支援能力評価

3.3.1 被験者に与えた課題と評価-2 との関連

(評価-2) の観点から、被験者の現在地から相対的な方向を問う 2 つの課題 (課題-1, 課題-2) と場所に依存しない方角を問う課題 (課題-3) を用意した。

3.3.2 評価方法

ここでは、表 2 に示す課題に対し、次の 2 システムを用いて正解の方向を導出した被験者数 (正解被験者数) を比較する。

(1) 提案システム

(2) 比較対象システム: Google Map

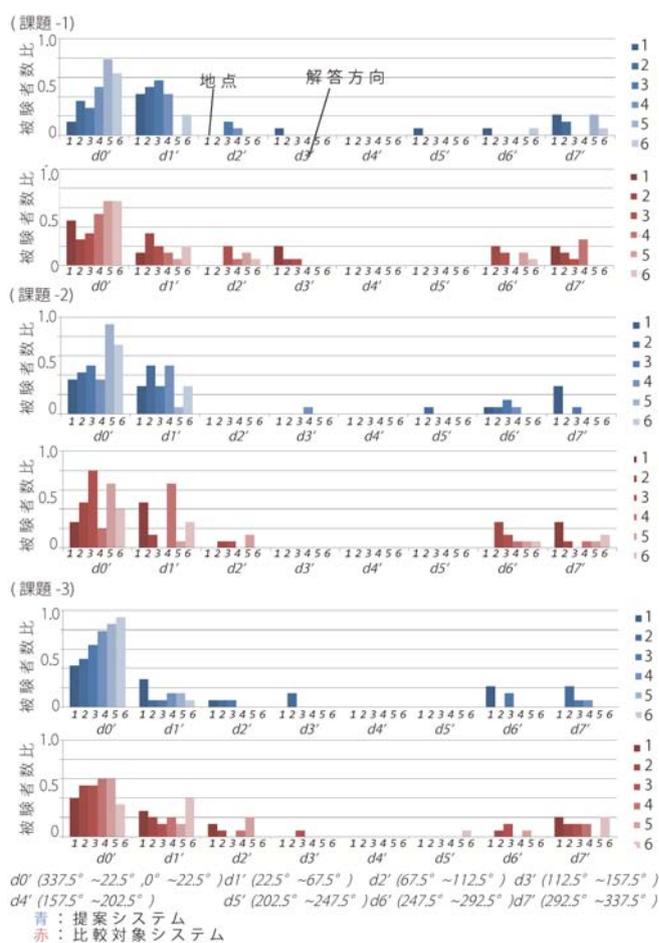


図 7 課題 1, 2, 3 における被験者の解答方向 (青: 提案システム, 赤: 比較対象システム)

ここで、正解の方向を、提案方式によって分けられた 8 個の方向のうち、課題ランドマークが存在する方向とした。例えば、図 2 に示す位置に課題ランドマークが存在する場合、 d_7 の方向を示した被験者を正解被験者とした。

3.3.3 結果と考察-2

図 7 は、各課題の正解方向を中心とした時の被験者の解答方向を表す。各方向の 6 つの棒は、左から地点 1 から地点 6 の各地点において、その方向を解答した被験者数比を表す。ここで、被験者数比とは、全被験者に対するその方向を解答した被験者数の比である。図の横軸は、図 2 に示した被験者の解答方向を表す。なお、3 課題の結果を比較しやすくするために、課題 1 と課題 2 については、正解の方向を d_0' とし、それから、時計回りに、各方向に対する再ラベリングを行った。

図 7 より、提案システムは課題 3 の認識において、既存システムに対して平均で約 20% の精度向上がみられた。また、t 検定をかけたところ信頼区間 5% で有意差がみられた。これは、提案システムが北方向の認識支援に有効に働くことを示している。また、課題 1 と課題 2 に対する有意差は見られなかった。このことから、提案システムのランドマーク間の距離関係無効化は方向認識において精度低下に影響しないことが示された。つまり、現在の主要な地図システムは距離関係をできるだけ正確に表現するように作られているが、方向認識の用途において、

表 8 方向認識失敗要因、ならびに、その該当者数

課題解答数	252 (= 14×6×3)
(失敗 1) 5~30 度程度解答が右回転した解答数	120
(失敗 2) 5~30 度程度解答が左回転した解答数	54
それ以上回転した解答数	15

表 9 実空間とメンタル・マップにおける桐生市中心街メインストリートの角度差

メンタル・マップ数	29 枚
本町通りの平均回転角度 (29 枚)	29.1 度
国道 122 号線の平均回転角度 (10 枚)	47.6 度

距離関係の正確な表示は必要ないことが明らかになった。

さらに、提案システムの精度を高めるため、課題 1 と課題 2 に対する詳細な分析を行った。図 8 (1)~(6) は、課題に対する被験者の解答方向、ならびに、指摘したランドマークの方向を表す。なお、紙面の都合上代表的なもののみを掲載し、他の結果は省略した。レーダーグラフの中心から円周方向は、解答した被験者数比を表す。緑の領域で示されるのが課題ランドマークの方向を表す。オレンジで示された線は実験時に指摘されたランドマークの方向を表す。これらの線は、(S-c) において指摘された回数が多いものほど線幅を太くした。また、提案システムが分割した 8 方向の境界を点線で示した。

これらの結果は、提案システムの解答方向に左右に 5~30 度程度回転している解答が多くあったことを示している。表 8 は、その解答方向数を表す。なお、その他の傾向については、被験者の認知地図形成の違いや、地理空間に対する認知能力の差が影響したものと考えられる。以降、提案システムによる方向認識失敗理由、ならびに、精度向上の方法について述べる。

次の 2 理由は、提案システムによる方向認識失敗要因の主要なものである。

(失敗-1) 回転効果による影響

(失敗-2) 提案システムによる方向関係近似化の影響

表 8 は、各方向認識失敗要因の該当者数を表す。正解の方向に対して時計回りの方向にずれて解答した被験者を (失敗-1) に分類し、逆方向にずれて解答した被験者を (失敗-2) に分類した。以降、その根拠、ならびに、改善方法について考察する。

(失敗-1) の根拠 表 9 は、実空間とメンタル・マップにおける本町通り、ならびに、国道 122 号線の角度差を表す。ここで、本町通りは、桐生中心街のメインストリートであり、群馬大学桐生キャンパス正門に接する。この結果、全メンタル・マップに本町通りが描かれたことが確認された。また、国道 122 号線は桐生中心街から離れているが、遠方から通学する群馬大学生の主要道路であることから 10 枚のメンタル・マップに描かれていた。被験者のメンタル・マップは、図 4 に示すように回転していた。さらに、被験者の多くは、本町通りが南北に向かって伸びて、国道 122 号線が東西に向かって伸びているメンタル・マップを描いた。

一方、実空間における本町通りは、北を基準に時計回りに約 28 度の向きに沿っている。また、国道 122 号線は東西を基準に時計回りに約 40 度回転している。これは、被験者の認知地

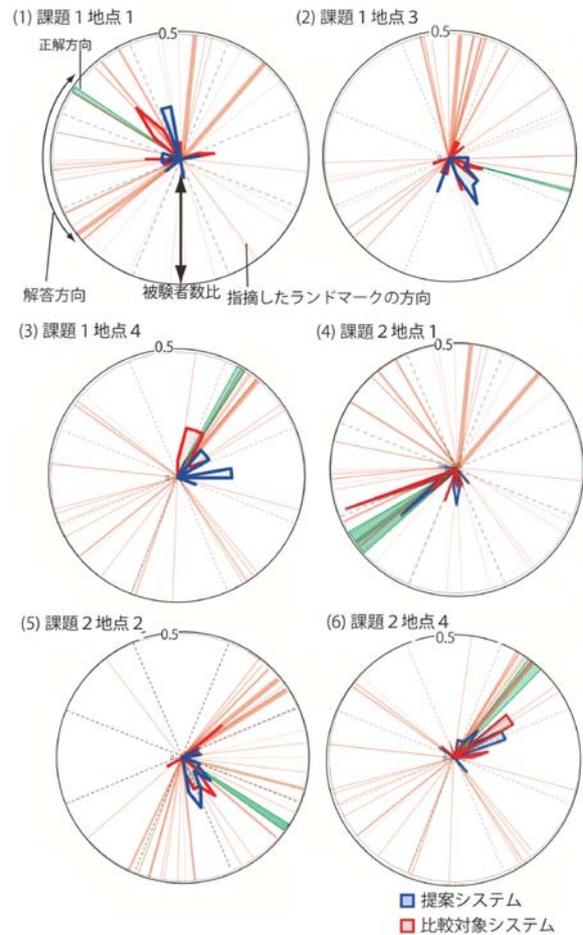


図 8 課題 1,2 における被験者が解答した方向と指摘したランドマークの方向 (青:提案システム, 赤:比較対象システム)

図が、人の認知地図の回転効果 [7] により回転していることを意味する。さらに、多くの被験者は、その回転効果により、本町通りと国道 122 号線が直行しているものと記憶している。ここで、回転効果とは、少し曲がった道路を直線に記憶すること、交差する道路を等角、あるいは、直角に記憶することなど、人が地理空間の要素を回転させ、整列させて記憶することを表す [2]。これによって、本町通りを中心にして認知地図が回転してしまった被験者と国道 122 号線を中心にして認知地図が回転してしまった被験者が多くいたと考えられる。その結果、解答方向が時計回り方向に 30 度 ~ 40 度程度ずれてしまった可能性が考えられる。

以上のことから、提案方式による方向認識支援の正しさは、利用者の認知地図に依存することが明らかとなった。この問題解決のためには、我々の先行研究 [11]、あるいは、高精度電子コンパス^(注1)の活用によって、利用者が間違えて記憶した方向を矯正するための機能が必要である。

(失敗-2) の根拠 この失敗は、方向関係近似化によって、提案システムがランドマークの方向を歪めたことにより起きる影響である。具体的には、各分割方向の境界に位置するラン

(注1): 本実装では、iPad に搭載された電子コンパスの精度が高くなかったため、それを活用した地図の自動回転を実施しなかった。

ドマークの方向は、提案システムによって、最大 22.5 度ずれることになる。これによって、認識対象となるランドマークの方向を被験者が誤認識してしまった可能性が考えられる。図 8(1)~(6) より、正解方向に対して 30 度程度ずれた方向を解答している被験者が多く確認された。この改善のためには、提案システムの方向関係をできるだけ正確に表現するフレーム構成を行う必要がある。例えば、現在の 8 方向の方向の再現数を増やす方法や、フレームの境をなくしランドマークの方向関係を維持したままマップ・フレームの外側に円状に配置する方法などが考えられる。この方式は、提案方式の特徴である距離関係を扱わない方式に反するものではない。

以上より、既存方式との比較における、提案方式の不備が小さいことが明らかとなった。すなわち、提案方式による利用者の方向認識支援の有用性が明らかとなった。

4. 関連研究

ランドマークに強さを定量化する研究として、文献 [4], [8], [9] がある。文献 [8] は、地域情報のパーソナライゼーションを目標としている。このために、マーキングマップという検索者の地理的プロファイル取得方法を検討した。文献 [4] は、ランドマークの種類別要因（記号性）、ならびに、ランドマークの視対象要因と環境要因（視認性）を定量化するための手法を開発した。この方式では、実在する案内地図に掲載されているランドマークの頻度から、その種類別要因を、2 次元地図上のランドマークの大きさとそれに接する道路から、その視対象要因を、道幅値と SD 法により収集したランドマークの視認アンケート分析から、その環境要因を算出する手法を開発した。文献 [9] は、ある地域に関連する Web ページの解析とそれに含まれる地名間の物理的距離によって、その地域のランドマークを自動抽出する手法を開発した。ただし、抽出されるランドマークの網羅性は、解析対象の Web ページ集合に依存する。

一方、提案方式は、文献 [10] に挙げられている象徴性と相対的場所性に基づいた強いランドマーク検索機能を実現するものである。提案方式では、ランドマークの網羅性を考慮することによって、電子地図、具体的には、Google Map からの地理的専門知識データベース構築を行った。その上で、Google Map のスケール値に応じた地図上の出現有無に基づいたランドマークの象徴性の定量化手法を実現した。

文献 [1], [3], [6] は、空間的関係の近似化を行う研究として位置づけられる。文献 [6] は、電子地図を紙や布のような柔らかい素材とみなし、撓ませる機能を示した。具体的には、2 つの領域間に扇状の距離関係の歪んだ領域をはさみ込むことによって、画面外の周辺情報の画面内配置を達成した。文献 [1] は、空間フィルタという概念により、位相関係、方向関係の歪みを抑えながら、現在地から比較的近隣にある周辺情報の画面内配置を達成した。文献 [3] は、魚眼レンズのメタファを用いて現在地周辺の詳細な地図情報と画面外の広範囲の周辺情報を同時に閲覧する方式を示した。この方式の特徴は、縮尺の異なる 2 つの地図間を Glue 領域を介してなめらかに接続する機能にある。ただし、魚眼レンズのメタファに基づくため、ランドマーク間

の距離関係、ならびに、方向関係に歪みが発生する。

一方、提案方式は、地図の変形を行わず、現在地と周辺情報間の距離関係の無効化、ならびに、方向関係の抽象化（方向関係を 8 方向のいづれかに置き換えること）によって、検索者の興味あるランドマーク群と近隣の知っているランドマークに加え、比較的遠方の知っているランドマーク群を画面内に集約する手法を実現するものである。

5. おわりに

本稿では、先行研究において実現したランドマーク検索システムの、ネットワーク環境に接続された小型タブレット端末への実装方式を提案した。提案方式の主要な特徴は、既存のライブラリを用いることによって、先行方式に基づいたランドマーク検索システムの実装を簡素化する点にある。さらに、83 名の被験者による実機を用いた評価実験により、提案方式の実装可能性、妥当性、ならびに、有用性を明らかにした。

今後の課題としては、他の特性に注目したランドマークの強さを算出する手法、ならびに、利用者の方向認識支援を行う機能の実現などが挙げられる。

文 献

- [1] Hosokawa, Y.: A Location-aware Information Browser implemented on BREW-based Mobile Phones, Proc. 23rd ACM Symposium on Applied (SAC2008), pp.1878-1883 (2008).
- [2] Levine, M., Jankovic, I., N., Paliji, N.: Principles of Spatial Problem Solving, Experimental Psychology: General, pp.157-175 (1982).
- [3] 水谷祐弥, 山本大介, 高橋直久: Focus Glue Context マップにおける Focus 変形・結合・分裂手法, 電子通信情報学会第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2011), online (2011).
- [4] 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, Vol.49, No.1, pp.233-241 (2008).
- [5] 中澤優一郎, 山田祐介, 細川宣秀: 地図製作意図に基づいた現在地認識支援システムの実現方式, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム DICOMO2011, pp.1621-1630 (2011).
- [6] 大脇正憲, 藤田和之, 高嶋和毅, 築谷喬之, 伊藤雄一, 北村喜文, 岸野文郎: 撓みのメタファを用いたビューポート制御インタフェース, インタラクション 2011, online (2011).
- [7] Tversky, B.: Distortions in Memory for Maps, *Cognitive Psychology*, No.13, pp.407-433 (1981).
- [8] 田中辰弥, 竹内亨, 鎌原淳三, 下條真司, 宮原秀夫: マーキングマップによる空間認知に基づいた地域情報推薦手法, 第 14 回データ工学ワークショップ (DEWS2003), online(2003).
- [9] Tezuka, T., Tanaka, K., Landmark Extraction: A Web Mining Approach, Proc. Conference On Spatial Information Theory (COSIT2005), pp.379-396 (2005).
- [10] 津川康雄: 地域とランドマーク - 象徴性・記号性・場所性, 古今書院 (2003)
- [11] 山田祐介, 羽田吉彦, 中澤優一郎, 細川宣秀: 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, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2011), pp.1612-1630 (2011).
- [12] 山本隆徳, 中澤優一郎, 細川宣秀: 道路の認知度と道路までの距離に基づいたランドマークの特徴量算出方式の実現とランドマーク検索への応用, 電子通信情報学会第 4 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2012), 発表予定.