

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

中澤 優一郎^{†1} 山田 祐介^{†1} 細川 宜秀^{†1}

本稿では, 利用者の現在地から視認可能, および, 視認できないが比較的近くのランドマークを一括提示する現在地認識支援システムを提案する. 提案方式の特徴は, 与えられたランドマーク集合から, 地図製作意図(地図製作者の定めるランドマークの強さ)に基づき, 両ランドマークを検索する機能の実現にある. ここで, ランドマークの強さを, 異なる縮尺を持つ地図集合が与えられた時, そのランドマークを含む地図の数と定義する. 提案方式は次の2項目を根拠とする.(1) 多くの人が利用する駅, 市役所等のランドマークが, 「強いランドマーク」として使われることが多い.(2) これらのランドマークはモバイル利用者の記憶に残っている可能性が高い. これらのランドマーク間の空間的関係を一括提示することにより, 提案方式はモバイル利用者の現在地認識支援を可能にする. 実験により提案方式の妥当性を明らかにする.

An Implementation Method for Assisting Spatial Recognition of Mobile Users Based on Knowledge of Cartographers

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

In this paper, we present an implementation method for assisting spatial recognition of mobile users based on knowledge of cartographers. Its main feature is to utilize knowledge of cartographers to compute the strength of each landmark. The strength is defined by (1) the distance of the landmark and the user's current position and (2) the frequency of the landmark on a map. Frequent landmarks are considered as the important elements of the map by the cartographers. For instance, JR Kiryu Station and Kiryu City Office are important for Kiryu area, and are frequently found during map manipulations for the area. Our method deals with the knowledge of cartographers as (2). As a result, our method can automatically generate maps including nearby and important landmarks for mobile users. We clarify the feasibility of the method through several experiments.

1. はじめに

現在までに Web 技術, GPS 等の位置センシング技術, 無線ネットワーク技術, コンピュータ小型化技術が実用された. これにより, モバイルツールを使った地域情報獲得のニーズが高まっている. モバイル環境における地域情報獲得支援ソフトウェアの本質的要件の1つは, モバイルユーザに次の2周辺情報を一括提示する技術を確認することにある.

(視認ランドマーク) モバイルユーザが現在地から視認されるランドマーク情報

(利用ランドマーク) 現在地から遠くにあるが, モバイルユーザが直近で利用したランドマーク情報

この技術的難しさは, 現在地, 視認ランドマーク, ならびに, 利用ランドマークの3空間的(位相, 方向, 距離)関係¹⁾を全て画面内に収めることにある. なお, 3空間的関係の認識は, モバイルユーザが周辺情報の重要度判定基準を与える本質的項目として位置づけられる. これは, 周辺情報の重要度が近さに依存することが多いことによる. つまり, モバイルユーザは, 目的となる利用ランドマーク, 視認ランドマーク, ならびに, 現在地の空間的関係認識を伴って, 周辺情報の重要度判定を行う. この時, モバイルユーザが現在地-利用ランドマーク間, ならびに, 現在地-視認ランドマーク間の空間的関係を認識する行為を「現在地認識」と定義する. なお, 本稿が対象とする周辺情報をランドマークの位置情報とする. 現在の主要な地図情報システムは利用ランドマーク, ならびに, 視認ランドマークの3空間的関係を正確に表現するものである. しかしながら, 距離関係の正確な表現は, 利用ランドマーク, ならびに, 視認ランドマークの一括提示の妨げとなっている. すなわち, その地理情報システムは, 拡大・縮小などの地図操作をモバイルユーザに強要することによって, それらの空間的関係を認識させる. この地図操作は一般にモバイルユーザにとって大変な労力を要するものであり, そのモバイルユーザの地図利用の動機低減をもたらす.

本稿では, モバイルユーザの現在地から視認ランドマーク, ならびに, 利用ランドマークを一括提示する現在地認識支援システムを提案する. 視認ランドマークの提示とは, モバイルユーザの現在地認識時における地図上のランドマークと, 実空間上のランドマークの方向認識を支援することである. この支援の必要性は, 整列効果に由来する. ここで, 整列効果⁹⁾とは, 人がランドマークや道路を枠に並行にならべて想起することである. 枠として

^{†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

地図が印刷された矩形領域や主要幹線道路が使われることが多く、その結果、想起された方角やランドマーク間の空間的関係と実空間（地図）の方角やランドマーク間の空間的関係の不一致を引き起こす。この不一致は、人による現在地認識や目的地への方向認識の精度を大きく低下させる。つまり、想起されたランドマーク間の空間的関係と実空間（地図）上のランドマーク間の空間的関係の一致を支援する機能は、モバイルユーザの求める地域情報の検索や可視化を行うシステムの本質的機能の1つである。

モバイルユーザによる現在地認識を支援するための我々の戦略は、次の2点にまとめられる。

戦略-1 視認ランドマークを提示し、それらと現在地から視認されるランドマークとの照合をモバイルユーザに行わせることによって、モバイルユーザが想起する方角と実空間の方角の一致のための支援を行う。

戦略-2 視認ランドマークを現在地の代用として提示し、それらと利用ランドマーク間の空間的関係を提示することによって、それらの関係からモバイルユーザに現在地や目的地を認識させるための支援を行う。具体的には、現在地の代用である視認ランドマークを一時的にモバイルユーザに記憶させること（一時的にモバイルユーザの認知地図にプロットすること）によって、モバイルユーザに現在地と利用ランドマーク間の空間的関係を想起させることを可能にする。ここで、認知地図とは、広義的には、実空間上のランドマーク間のすべての空間的関係に関する記憶を表わし、狭義的には、それらの心的イメージであると定義されている^{4),9)}。なお、この戦略は、モバイルユーザの認知地図にある程度利用ランドマークが事前にプロットされていることを前提とする。つまり、提案方式の想定ユーザは、現在地認識を行う地域に関してある程度の認知地図を形成したモバイルユーザである。

図1は、2つの戦略を図示化したものである。図の青矢印は利用ランドマークから得られる空間的関係を表し、赤矢印は提案システムを利用することによって新たに得られる空間的関係を表す。この図に示すように、3つの視認ランドマークを提示することによって、現在地と利用ランドマーク間の4空間的関係を新たに想起させることが可能になる。これにより、モバイルユーザは、事前に記憶していた利用ランドマーク間の6空間的関係にその4空間的関係を加えた10空間的関係からその現在地認識を行うことが可能になる。

提案方式の特徴は、次の2点にまとめられる。

特徴-1 利用ランドマークと視認ランドマークの一括提示を達成するために、空間的関係の1つである距離関係を積極的に取り扱わないことにする。これは、文献4)に基づく。

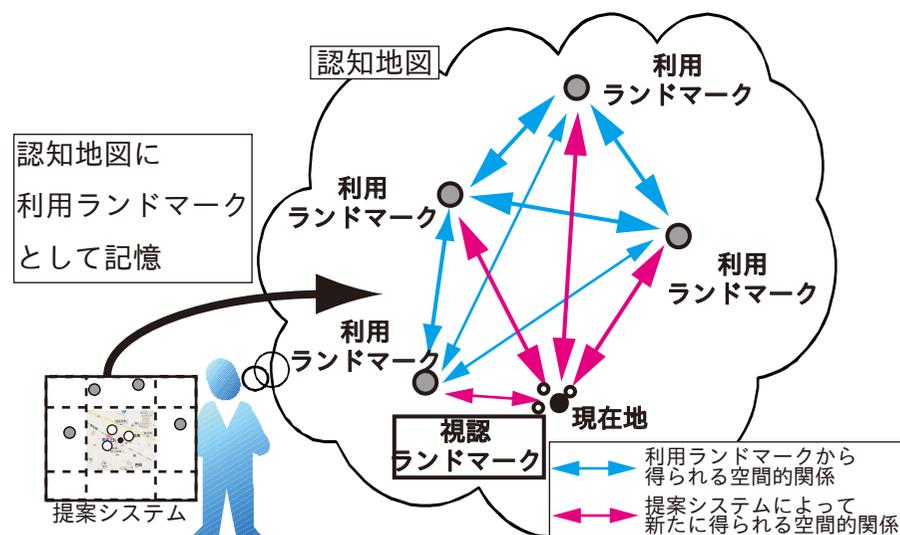


図1 利用ランドマークと視認ランドマークの一括提示によるモバイルユーザの現在地認識支援の例

すなわち、正確な認知地図を有するモバイルユーザは、認知地図上のある空間的関係から他の空間的関係を想起できる。つまり、両ランドマークの一括提示を妨げる距離関係をモバイルユーザに想起させることができれば、距離関係を積極的に取り扱わなくてもよいことを意味する。^{*1}

特徴-2 与えられたランドマーク集合から、現在地-ランドマーク間の地理的距離と地図製作意図（地図製作者の定める「ランドマークの強さ」）に基づき、両ランドマークを一括検索する機能を実現することにある。ここで、ランドマークの強さとは、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と定義する。例えば、多くの人が利用する駅、市役所など、多くの人が利用するランドマークは、異なる縮尺の地図に出現することが多い、すなわち、これらは強いランドマークとみなされる。

実験により提案方式の妥当性を明らかにする。

*1 文献9)は、想起される空間的関係と実空間上の空間的関係に差が生じることを指摘されている。しかし、その誤差は、より正確な認知地図を形成することによって、小さくなることも指摘している。

2. 関連研究

地図における配置地理オブジェクトの選択方法として大きく分けて2種類の方法が用いられている。

一つは人の認知地図形成度合いを考慮した選択方法が挙げられる³⁾。文献3)はマーキングマップを被験者に描かせることによって被験者の認知地図の一部を可視化し、利用者の認知地図に含まれる地理的領域の推薦をしている。ここで、マーキングマップとは白地図上の道にマークをつけ、その周辺の記憶にあるランドマークを描いたものである。これにより、被験者の認知地図の一部を可視化することが可能となる。

他方として、地理オブジェクトの持つ視覚的な特徴や分類を用いた選択方法が挙げられる⁶⁾⁻⁸⁾。視覚的特徴とは、地理オブジェクトの色や、大きさなどを表す。文献8)は地理オブジェクトのもつ性質的特徴であるランドマーク分類を用いて、ランドマークをコンビニ、公共施設などに分類し、その中から案内図などに多く使われる分類に含まれるランドマークの選択を行っている。文献6)は文献8)におけるランドマーク分類に加え、ランドマークの大きさ、形状、ならびに、道路幅、明暗の周辺環境が与える視覚的特徴をアンケート調査により導き出し、その値からランドマークの選択を行っている。文献7)は人の移動を想定したエージェントと呼ばれる視野、移動確認距離、不満度を持つノードを用いて視覚的特徴を数値化し案内地図に配置する最適なランドマーク選択を行っている。

地理オブジェクトの配置位置最適化研究として、文献2)が挙げられる。その特徴は、タブーサーチアルゴリズムを用いて、地図スケール変化時における地理オブジェクトの衝突を回避することにある。これにより、地図利用者の空間的関係の特に位相関係の認識向上が期待される。

提案方式は、モバイルユーザの現在地-ランドマーク間の距離、ならびに、地理的専門知識を用いることによって、モバイルユーザの直近利用のランドマークを選択・提示する方式として位置づけられる。これより、モバイルユーザの現在地認識支援を行う。

3. 提案システムの実現方式

本節では提案方式の定式化、すなわち、データ構造とデータ構造に対する機能の構成方式を示す。

3.1 先行方式

先行方式において、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を提案し

た。その特徴は、空間的関係の近似化表現を行うこと、ならびに、異なる機能を持つ2地図の組み合わせにある。なお、空間的関係近似化に関する根拠を文献5)に述べた。次に示す2地図は異なる機能を持ち、モバイルユーザの現在地認識支援を行う。

地図1：視認可能なランドマークを含む地図

地図2：空間的関係の近似化を伴うデフォルメ地図

地図1は、地図利用者の方向認識サポートに用いられる。視認ランドマークの提示によって実方向と地図の示す方向一致の安心感を地図利用者にも与える。地図2は、利用ランドマークと現在地間の空間的関係の提示によって、地図利用者の認知地図と実空間の一致を支援する。

これにより実現された機能を図2に示す。

手順1：マップフレーム外周辺情報間方向関係の近似化、提示のためのフレームレイアウト作成

ディスプレイフレームを d 方向に分割し、マップフレーム、ならびに、周辺情報フレームの自動生成を行う。自動生成されたそれぞれのフレームは、情報を明確に表示するため、次の3手順により、ディスプレイフレーム上にすべてのフレームが重ならないよう配置する。

手順1-1：ディスプレイフレームの分割による、方向関係の近似化、ならびに、各方向への周辺情報フレームプレースの生成

周辺情報フレームプレースを、周辺情報フレームを重ならないよう配置するための円領域とする。周辺情報フレームプレースを、次の手順により算出する：(手順1-1-1)ディスプレイフレームを分割する、(手順1-1-2)第 i 象限の内接円を、 i 方向の周辺情報フレームプレースとする。

手順1-2：周辺情報フレームの割り付け

個々の周辺情報フレームプレースに対し、内接正形状の周辺情報フレームを生成する。

手順1-3：マップフレームの生成

周辺情報フレームプレースより、マップフレームを生成する。この時、生成されたマップフレームは一辺 l_m の長さの正方形となる。

手順2：マップフレーム外周辺情報の検索、位相関係に応じた並び替え、ならびに、配置
周辺情報フレームに、周辺情報データベースから検索されたマップフレーム外周辺情報を配置する。マップフレーム外周辺情報とは、検索範囲 r_a 内にあり、マップフレームの範囲外に配された周辺情報を指す。

手順3：現在位置を中心とした地図画像の生成と配置

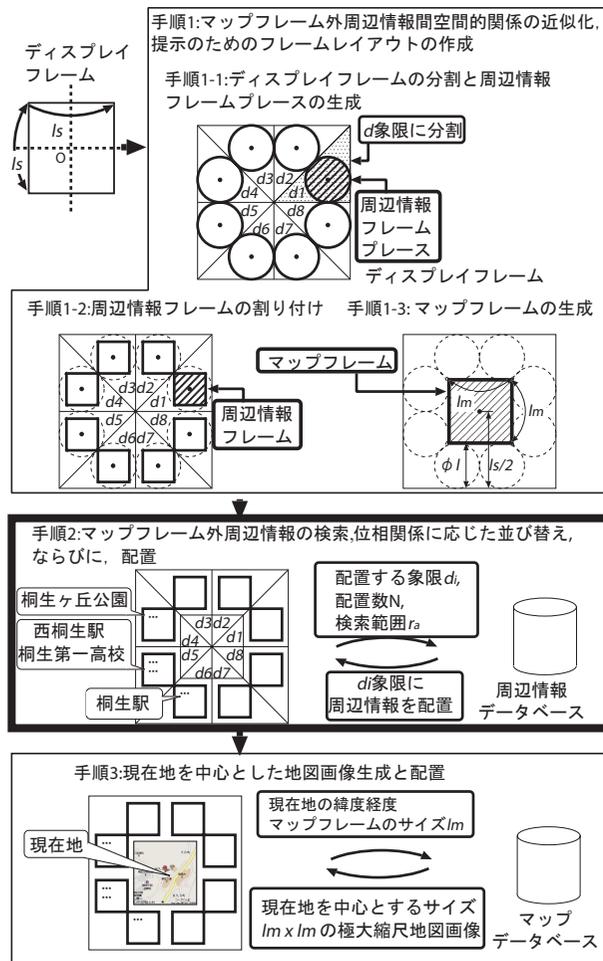


図 2 2 地図生成手順 ($d = 8$)

マップデータベースから生成した、現在地周辺の地図をマップフレームに描画する。生成する地図は、視認ランドマークを複数含むと考えられる極大縮尺地図を用いる。

本稿において、手順 2 のマップフレーム外周辺情報の検索機能を改善する。提案システムの特徴は、与えられたランドマーク集合から、近さと地図製作意図に基づき、利用ランド

マークを検索する機能を実現することにある。

3.2 データ構造

提案システムは、地図製作者が定めるランドマークの強さを保持するデータベース (地理的専門知識データベース) に基づく。そのデータベースを (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, ..., スケール M の地図における出現有無) からなる $M + 3$ 対の集合として定義する。ここで、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は、0 (未出現) または 1 (出現) により表現される。

3.3 提示ランドマーク選択機能

提案システムは、次の式に基づいて提示ランドマークを選択する。

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

ここで、 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。 $m(i)$ はそのデータベースに固辞される i 番目のランドマークが出現する地図数を返す関数を表す。 r は現在地を中心とする円の半径を表す。提案システムはその円内に存在するランドマークを利用ランドマークと認識する。 $d(i, c)$ は i 番目のランドマーク現在地 c 間の距離を返す関数を表す。 l は利用ランドマークに対する視認ランドマークの提示優先度合いを表す。なお、 l は 1 以上の実数とする。これにより、 l を大きくすると、利用ランドマークに対して視認ランドマークが画面内に優先的に提示される。 α は、強いランドマークと近いランドマークの提示優先度を表す。この値は 0 から 1 の間の値をとる。本式の第 1 項は強いランドマーク選択に寄与し、第 2 項は現在地から近いランドマーク選択に寄与する。その結果、本式は、現在地から近くにある強いランドマークを、画面内に配する。

3.4 周辺情報データベース

周辺情報データベースを、(ランドマーク名, 緯度経度, 地図の複数縮尺における出現頻度) の組集合として構成する。ここで、地図の複数縮尺における出現頻度とは、ある領域内において、縮尺を変化させた際のランドマーク出現有無を表す。

3.5 入力値

提案システムはモバイルユーザから次の項目を受理する。

- r_a (本稿 3.1 節参照)

表 1 提案システム 1 に与えたパラメータ値

システム	パラメータ	現在地							
		A	B	C	D	E	F	G	H
提案システム 1	α	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	τ	0.658	0.675	0.675	0.641	0.675	0.6	0.6	0.625
	p	5	5	5	5	5	5	5	5

- α (本稿 3.3 節参照)
- 地図可読性向上パラメータ τ
- 配置数 N
- 距離 l

地図制作意図活用優先度合い α は、ランドマーク評価値において、地図制作意図の活用優先度を調整するパラメータである。ランドマーク検索半径 r_a は、ランドマーク検索範囲となる現在地を中心とする円領域の半径を表す。地図可読性向上パラメータ τ は、大きいランドマーク評価値 τ を持つランドマークのみを画面内に配するためのしきい値を表す。これにより、先行方式との比較における提案システムにおいて生成された地図の可読性が向上する。配置数 N は周辺情報フレームに配置するランドマークの上限個数を表す。

4. 実験

4.1 実験目的

本実験の目的は、提示ランドマーク選択機能を有する現在地認識システムの妥当性評価にある。

4.2 実験方法

次の 3 システムを用いた被験者の現在地認識精度による定量的比較によって実施した。
 提案システム 1 : 現在地から近くにある強いランドマークからなる地図を生成するシステムを表す。表 1 に提案システム 1 における提案式 (1) の各現在地に対し与えた 3 パラメータの値を示す。

提案システム 2 : 提案式 (1) のパラメータに $\alpha = 0$ を与えたもの。すなわち、強いランドマークからなる、生成された地図の可読性を向上させるために $\tau = 0.4$ とした。

先行システム : 提案式 (1) のパラメータに $\alpha = 0$ を与えたもの。すなわち、現在地から近くにあるランドマークからなる地図を生成するシステムを表す。また、このシステムは先行方式に対応する。

図 3 周辺情報フレームのサイズと位置の調整を行った提案システム



なお、本実験において、提案システムに対し、3 通りのパラメータ調整を行った。提案システム 1 の出力例を図 3 に示す。

次の式により示される現在地認識精度によって、3 システムの位置独立性を評価する。ここで、位置独立性とは、位置に関係なくシステムが高い性能を示す性質を表す。

$$\text{現在地認識精度} = \frac{\text{現在地を正しく認識できた被験者数}}{\text{被験者数}}$$

4.3 実験環境

53 名の被験者に 3 システムを用いた現在地認識を実施させた。被験者は表 2 に示す 3 グループに分け、異なるシステムを用いた現在地認識を行った。全被験者を群馬大学工学部 2 年生から募集した。実施期間は、2010 年 7 月 26 日～2011 年 8 月 17 日の約 1 ヶ月間かけて行った。群馬大学工学部 2 年生を被験者とした理由は、群馬大学工学部生が 2 年次から

	人数	利用したシステム
グループ 1	19 人	提案システム 1
グループ 2	19 人	提案システム 2
グループ 3	15 人	先行研究システム



図 4 実験実施現在地

桐生キャンパスでの学業を開始することから、認知地図形成がある程度進んでいると考えられるためである。提案システムが想定する、観光ガイドブックなどで事前に訪問先の地理情報の一部を収集した、訪問先に関してある程度の認知地図形成が進行したモバイルユーザに近いと考えられる。また、桐生出身の被験者は 0 名であった。

各被験者に対し図 4 に示す桐生市内 9 現在地における現在地認識を行わせた。実験を実施した現在地は先行研究の現在地 8 地点に 1 地点を加えた 9 地点となる。9 地点を先行研究の仮説、すなわち、「群馬大学生の多くは、JR 両毛線の南側地域を日常生活の主要な活動

(a)

(質問 1) 下の地図内で現在地(今いる場所)だと思う枠の中にシールを貼ってください。
ヒントなし: 赤、ヒント1: 青、ヒント2: 黄
シールを貼ったら手をあげてください。

(b)

(質問 2) 滅された地図の中で参考になった建物に丸をつけてください。
丸をつける際に特に参考になった建物三つに対しては、参考になった順に①②③と数字を入れてください。

群馬大学 (桐生) 桐生女子短期大学 桐生女子短期大学第一高等学校 桐生女子短期大学第二高等学校 桐生女子短期大学第三高等学校 桐生女子短期大学第四高等学校 桐生女子短期大学第五高等学校 桐生女子短期大学第六高等学校 桐生女子短期大学第七高等学校 桐生女子短期大学第八高等学校 桐生女子短期大学第九高等学校 桐生女子短期大学第十高等学校 桐生女子短期大学第十一高等学校 桐生女子短期大学第十二高等学校 桐生女子短期大学第十三高等学校 桐生女子短期大学第十四高等学校 桐生女子短期大学第十五高等学校 桐生女子短期大学第十六高等学校 桐生女子短期大学第十七高等学校 桐生女子短期大学第十八高等学校 桐生女子短期大学第十九高等学校 桐生女子短期大学第二十高等学校	群馬大学 (群馬) 群馬大学 群馬大学工学部 群馬大学経済学部 群馬大学文学部 群馬大学理学部 群馬大学農学部 群馬大学獣医学部 群馬大学医学部 群馬大学歯学部 群馬大学薬学部 群馬大学看護学部 群馬大学健康学部 群馬大学環境学部 群馬大学情報学部 群馬大学芸術学部 群馬大学国際学部 群馬大学グローバル学部 群馬大学未来学部 群馬大学創造学部 群馬大学産業学部 群馬大学社会学部 群馬大学文化学部 群馬大学体育学部 群馬大学音楽学部 群馬大学美術学部 群馬大学デザイン学部 群馬大学建築学部 群馬大学工学部 群馬大学経済学部 群馬大学文学部 群馬大学理学部 群馬大学農学部 群馬大学獣医学部 群馬大学医学部 群馬大学歯学部 群馬大学薬学部 群馬大学看護学部 群馬大学健康学部 群馬大学環境学部 群馬大学情報学部 群馬大学芸術学部 群馬大学国際学部 群馬大学グローバル学部 群馬大学未来学部 群馬大学創造学部 群馬大学産業学部 群馬大学社会学部 群馬大学文化学部 群馬大学体育学部 群馬大学音楽学部 群馬大学美術学部 群馬大学デザイン学部 群馬大学建築学部
--	--

(質問 3) 現在地を認識する際に参考にした景色があれば丸をつけてください。

図 5 (a) 解答用地図 (b) アンケート用紙

の場としない」ということに基づき、次の 3 分類のいずれかになるよう選定した。
生活圏グループ (現在地 A, B, C) : JR 桐生駅 ~ 群馬大学間の地域 (群馬大学生の主要行動範囲)

生活圏と非生活圏の境界圏グループ (現在地 D, E, F) : JR 両毛線沿いの地域
非生活圏グループ (現在地 G, H, I) : 東武新桐生駅を中心とした桐生を代表する居住地域

なお、新たに追加した現在地は生活圏グループに含まれる現在地 C である。

4.4 被験者による現在地認識結果収集方法

解答用地図として、A4 サイズ用紙に縮尺 1/25,000 の桐生市内地図を印刷したものを使用した。解答用地図に、前被験者が直近で利用した群馬大学のみを残したものをういた。これは、群馬大学をキーとして、被験者に利用ランドマーク間の空間的関係の想起を促すためである。これにより、提案システムの適用環境を実現する。この地図では、桐生市内 6.9km × 5.6km の範囲が描かれている。また、我々が、被験者の解答を間違いなく読みとるため、ならば



図 6 地理的専門知識データベースカバー領域

に、被験者が現在地を解答しやすいよう、図 5-(a) に示す 627 区画に分けた。解答用地図の 1 区画の大きさは $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ (地理空間における 1 区画のサイズは $250\text{m} \times 250\text{m}$ とする) である。被験者に、627 区画からその現在地を含む 1 区画を解答させた。

本実験では、被験者が正解を含まない区画を指した時、その区画と正解区画の違い (正解に近い区画を指したのか、それとも見当違いの区画を指したのか) を明らかにするために、次の 3 正解に基づいた 2 システムの比較を行った。

正解: 現在地を含む 1 区画

準正解: 正解と、正解の区画を中心とした周囲 8 区画の計 9 区画

準々正解: 正解と、正解の区画を中心とした周囲 24 区画の計 25 区画

また、被験者が現在地認識を行う際に参考にしたランドマークを調査するため、被験者に対してアンケート調査を行った。図 5-(b) に示すように、参考になった利用ランドマーク記入欄と視認ランドマーク記入欄からなるアンケート用紙を配布した。

4.5 地理的専門知識データベース

GoogleMap に出現した桐生市内ランドマーク 4,377 件と、その出現スケールを手手で収集し、地理的専門知識データベースを構築した。その構成に 4 ヶ月を要した。図 6 に地理的専門知識データベースカバー領域を示す。

4.6 実験手順

次の手順に従って、被験者に現在地認識を実施させた。

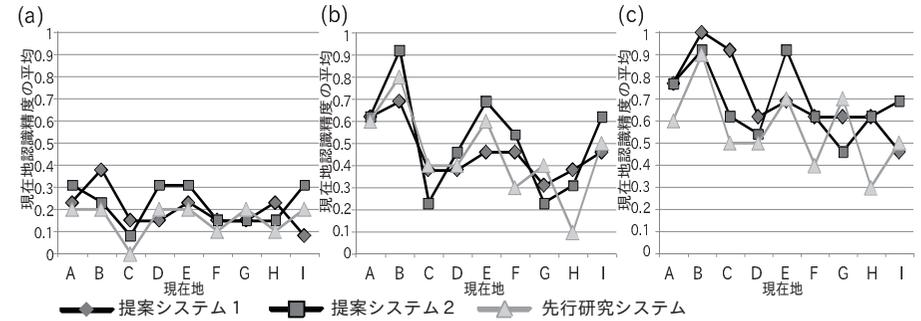


図 7 (a) 正解現在地認識精度, (b) 準正解現在地認識精度 (c) 準々正解現在地認識精度

Step1 被験者に目隠しさせ、現在地へ移送する。

Step2-1 被験者に目視による現在地認識を行わせる。

Step2-2 被験者に解答用地図と解答用紙を与え、現在地を記入させる。

Step3-1 被験者に提案システムを与え、現在地認識を行わせる。

Step3-2 被験者に解答用地図と解答用紙を与え、現在地を記入させる。

Step3-3 被験者にアンケート用紙に認識時に参考となったランドマーク名を教示させる。

Step4 Step1 に戻る。

4.7 実験結果と位置独立性に関する考察

図 7-(a), 図 7-(b), ならびに、図 7-(c) は、2 システムを用いた現在地認識精度を表わす。これらの図に示すグラフの縦軸は、被験者の現在地認識精度の平均値を表わす。これらの図に示すグラフの横軸は、図 4 に示した 9 現在地を表す。図 7-(a) より提案システム 1 の平均精度は約 0.19, 提案システム 2 の平均精度は約 0.22 であった。また、先行システムの平均精度は約 0.16 であった。図 7-(b) より提案システム 1 の平均精度は約 0.46, 提案システム 2 の平均精度は約 0.51 であった。また、先行システムの平均精度は約 0.46 であった。図 7-(c) より提案システム 1 の平均精度は約 0.68, 提案システム 2 の平均精度は約 0.70 であった。また、先行システムの平均精度は約 0.57 であった。

表 3 に正解被験者の参考にしたランドマーク個数と平均距離を示す。正解被験者の参考にしたランドマーク数は平均 1.24 個で、不正解者の参考にしたランドマーク数 0.78 個より多かった。すなわち、現在地認識において、多くの参考になるランドマークを提示することが認識精度向上につながる事が示された。

表 4 正解被験者による参考回数が上位 3 件の利用ランドマーク参考回数と現在地からの距離

現在地 A(全参考回数 32 回)			現在地 B(全参考回数 18 回)			現在地 C(全参考回数 9 回)		
距離	参考回数	ランドマーク名	距離	参考回数	ランドマーク名	距離	参考回数	ランドマーク名
639m	7 回	桐生駅	534m	7 回	桐生駅	1004m	3 回	桐生駅
493m	4 回	西桐生駅	507m	3 回	西桐生駅	1137m	2 回	群馬大学工学部
1567m	3 回	セブンイレブン	1538m	2 回	群馬大学工学部	906m	2 回	西桐生駅
1341m	3 回	群馬大学工学部	77m	2 回	セブンイレブン	1031m	1 回	桐生が岡公園
340m	3 回	長崎屋	260m	2 回	長崎屋桐生店	294m	1 回	ミスズヤ書店
現在地 D(全参考回数 22 回)			現在地 E(全参考回数 18 回)			現在地 F(全参考回数 9 回)		
距離	参考回数	ランドマーク名	距離	参考回数	ランドマーク名	距離	参考回数	ランドマーク名
365m	4 回	桐生駅	844m	5 回	桐生駅	728m	4 回	桐生駅
529m	2 回	新桐生駅	1586m	3 回	群馬大学工学部	2038m	2 回	群馬大学工学部
1830m	2 回	西桐生駅	313m	3 回	セブンイレブン	76m	1 回	小島マンション
						773m	1 回	桐生市役所
						58m	1 回	志多美屋
現在地 G(全参考回数 20 回)			現在地 H(全参考回数 11 回)			現在地 I(全参考回数 13 回)		
距離	参考回数	ランドマーク名	距離	参考回数	ランドマーク名	距離	参考回数	ランドマーク名
1403m	4 回	桐生駅	1197m	8 回	桐生駅	511m	4 回	新桐生駅
684m	3 回	新桐生駅	2953m	4 回	群馬大学工学部	3622m	2 回	群馬大学工学部
540m	2 回	新桐生駅前局	1207m	3 回	新桐生駅	1739m	2 回	桐生駅
593m	2 回	マクドナルド				844m	2 回	マクドナルド
577m	2 回	ガスト桐生店						

表 3 被験者の参考にしたランドマーク

	正解	準正解	不正解
人数 (人)	123	207	425
一人当たり参考個数 (個)	1.24	0.97	0.78
参考にしたランドマーク-現在地間距離			
平均距離 (m)	980.13	938.64	1015.28
中央値 (m)	706.41	728.03	844.74

地理的専門知識のみに基づいた提案システム 2 は、9 現在地中 8 地点に対して、高い現在地認識精度を示した。また、提案システム 1 は、9 現在地中 3 現在地において最も高い現在地認識精度を示した。すなわち、現在地から近く、かつ、強いランドマークを多く含む地図を生成する提案システム 1 の有効性が明らかとなった。提案システム 1 はパラメータ調整によって、提案システム 2、先行システムと同様のランドマーク提示が可能である。以上のことから、先行システムに対する提案システムの位置独立性を明らかにした。

図 7 より、現在地 G において、先行システムが高い精度を示した理由は、次のとおりである。表 4 より、「桐生駅」、「新桐生駅」、「新桐生駅前局」「マクドナルド」「ガスト桐生店」

が多く参考にされていることがわかる。これらのランドマークは現在地西側、北側に存在し、現在地東側は被験者に参考にされたランドマークが存在しなかった。これにより、強いランドマークを提示する提案システム 2 において、被験者が利用ランドマークと現在地の距離関係を誤認識し、精度が低下したと考えられる。逆に、現在地から近いランドマーク提示を行う先行システムにおいて、現在地と利用ランドマーク間の距離関係が正しく認識され精度が向上した。このことは、距離項を用いた提案システム 1 が提案システム 2 に対して認識精度が高いことから明らかである。したがって、利用ランドマークが複数方向に存在しない場合は、提案式 (1) における第 2 項となる距離項を強くするよう α の値を大きくすることによって提案システム 1 の精度向上が可能が期待される。

4.8 既存システムとの比較と考察

提案システムと既存の地図情報システムによる現在地認識に要するモバイルユーザの労力を比較する。その比較結果から、既存システムに対する提案方式の優位性を示す。ここでは、現在地を中心とし、被験者が現在地認識のために参考にした最も遠いランドマークを含む地図 (i)、ならびに、最も参考にされた回数の多いランドマークを含む地図 (ii) を、既存



図 8 現在地 G を認識する際に参照した最も参考にされた利用ランドマークを含む既存システムの出力結果 (地図(ii))

システムの出力結果とする。図 8 は、現在地 G を中心とした地図(ii)を表す。被験者が現在地認識のために参考にした最も遠いランドマークを含む既存システムの出力結果を表す。

既存システムに対する提案方式の優位性を、既存システムの出力結果に、それより近くにあり、参考にしたランドマークが表示されていなかった正解被験者(提案システムの出力結果だけで現在地を認識できた被験者)の数によって評価する。ここで、この値を用いる理由は、既存システムの出力結果に参考にしたランドマークが表示されていない場合、その被験者は、既存システムの出力結果に対する拡大、縮小、スクロール操作を行う必要があるからである。^{*1}表 4 における現在地 G を認識するのに参考にしたランドマークのうち、「新桐生駅前局」、「マクドナルド」、ならびに、「ガスト桐生店」は、図 8 に表示されていない。したがって、これらを参考にした正解被験者は、1 回以上の拡大、縮小、スクロール操作を行う必要があると言える。

^{*1} もちろん、既存システムの出力結果を出すための拡大、縮小、スクロール操作が必要であることは一般的である。しかし、それを見積もることが困難であるため、ここでの提案システムの優位性評価に使用しないものとする。

表 5 既存システム利用時に地図操作が必要となる被験者数

現在地	A	B	C	D	E	F	G	H	I
総被験者数 (人)	11	7	3	8	9	5	7	6	7
地図 (i) を用いた際に地図操作が必要な被験者数 (人)	10	4	2	8	9	2	7	4	7
地図 (ii) を用いた際に地図操作が必要な被験者数 (人)	10	4	1	4	5	1	7	3	4

表 5-(1)、表 5-(2)、は、各現在地に対する正解被験者数と、その正解被験者のうち、既存システムの出力結果に対する拡大、縮小、スクロール操作が必要な被験者数を表す。現在地 G において、最も遠いランドマークと最も参考にされたランドマークが一致したことから、地図 (i)、地図 (ii) を用いた際に地図操作が必要な正解者数が同じであった。これより、地図 (i) において全正解者 63 人のうち 53 人は地図操作必要であり、地図 (ii) において全正解者 63 人のうち 39 人は地図操作が必要であることが明らかとなった。すなわち、提案方式はモバイルユーザの労力を削減可能であることが示された。以上のことから、提案方式の既存システムに対する優位性を示した。

5. おわりに

本稿では、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を提案した。提案システムの特徴は、与えられたランドマーク集合から、近さと地図製作意図(地図製作者の定める「ランドマークの強さ」)に基づき、次に示す 2 周辺情報を一括提示する機能を実現することにある。

(視認ランドマーク) モバイルユーザが現在地から視認されるランドマーク情報

(利用ランドマーク) 現在地から遠くにあるが、モバイルユーザが直近で利用したランドマーク情報

ここで、ランドマークの強さとは、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と定義する。これにより、提案システムはモバイルユーザに地図操作(拡大・縮小、スクロール操作)を伴わない現在地認識を可能にする。実験により、提案システムの有効性を明らかにした。今後の課題としては、モバイル端末への適用方法、パラメータ値の動的な導出などが挙げられる。

参 考 文 献

- 1) Egenhofer, M.J.: Spatial Relations: Models, Inferences, and their Future Application, Proc.Advanced Database Symposium '96',separate volume(1996)
- 2) J. Mark Ware, Ian D. Wilson , J. Andrew Ware, Christopher B. Jones:A Tabu Search Approach to Automated Map Generalisation,Proceedings of the 10th ACM international symposium on Advances in geographic information systems pp-101-106,2002.
- 3) 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, DEWS2003,2003.
- 4) Tversky, B.:Distortions in Memory for Maps, Cognitive Psychology 13, 407-433(1981)
- 5) 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.
- 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 No1, 2008.
- 7) 永田 剛彦, 前田 義信:エージェントを用いた略地図における地理情報選択モデルの提案, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2 0 0 6, 2006.
- 8) 藤井 憲作, 杉山 和弘:携帯電話向け案内地図生成システムの開発, 情報処理学会論文誌 Vol.41 No.9 pp-2094-2403,2000.
- 9) Levine, M., Irwin N.Jankovic, I.N., Paliji, M. : Principles of Spatial Problem Solving, Journal of Experimental Psychology:General,1982.