

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

中澤優一郎[†] 細川 宜秀^{††} 永島 和矩^{††}

[†] 群馬大学工学部情報工学科

^{††} 群馬大学大学院工学研究科情報工学専攻

E-mail: [†]nakazawa@dbsp.cs.gunma-u.ac.jp

あらまし 地図は位置に依存した情報を獲得する上で、最も有用なメディアの1つである。しかしながら、携帯電話などのモバイル端末の小画面において、従来の空間データベースを用いて、利用者と周辺情報の間のすべての空間的关系を再現することは困難である。本稿では、空間的関係の自動近似を伴う周辺情報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、位相関係と方向関係の近似化を行うことにより、モバイル端末の小画面に周辺情報を再現することにある。また、実験により提案方式の妥当性を明らかにする。

キーワード モバイル、空間データベース、地理情報システム

A Location-aware Information Browser with Automatic Approximation Mechanisms of Spatial Relationships

Yuichiro NAKAZAWA[†], Yoshihide HOSOKAWA^{††}, and Kazunori NAGASHIMA^{††}

[†] Dept. Computer Science, Faculty of Engineering, Gunma University

^{††} RDept. Computer Science, Graduate School of Engineering, Gunma University

E-mail: [†]nakazawa@dbsp.cs.gunma-u.ac.jp

Abstract A map is one of the most useful media in looking for location-dependent information. However, it is generally difficult to represent all spatial relationships (topological, direction and distance relationships) between a mobile user and each nearby information within the small-sized screen of his/her mobile tool. In this paper, we present a implementation method of a location-aware information browser with automatic approximation mechanisms of those spatial relationships. Its main feature is to formalize the procedures for approximating only the topological and direction relationships and putting them onto his/her small-sized screen. We clarify the feasibility of the method through several experiments.

Key words Mobile, Spatial database, GIS

1. はじめに

無線ネットワーク技術、位置センシング技術、端末の小型化技術の実用により、モバイルユーザが現在地の周辺情報にアクセスする為のハードウェア基盤が整備されつつある。ここで、周辺情報とは、モバイルユーザの現在地周辺内にある地点に関連する情報を指す。本稿が対象とする周辺情報源は、電子地図だけでなく、天気情報、安全防災情報、生活情報など地図以外の各種情報源とする。周辺情報がしばしば、モバイルユーザの近未来の社会活動を向上させることを踏まえると、モバイルユーザが地域情報源から周辺情報獲得を支援するためのソフトウェアは、いつでもどこでもコンピュータシステムを使って情報獲得を行える将来のコピキタス情報社会形成の本質的支柱の1つとなりえる。

周辺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、彼らの欲する近周辺情報（現在地周辺内にあり、現在地から近い地点に関連する情報）と遠周辺情報（現在地周辺内にあるが、現在地から遠い地点に関連する情報）の両方を集約・提示するための技術を確立することにある。

この技術的課題の難しさは、特に小画面端末において欠損しやすい傾向にある次の4重要情報を近周辺情報と共に画面内に収めることにある：(重要情報-a) 遠周辺情報の位置、(重要情報-b) 遠-遠周辺情報間の空間的関係、(重要情報-c) 遠-近周辺情報間の空間的関係、(重要情報-d) 現在地-遠周辺情報間空間的関係。ここで、空間的関係とは、各オブジェクト間の位相関係、方向関係、ならびに、距離関係のことを指す[3]。なお、これらは、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、周辺情報の重要度判定が、しばしば、現在地からの近さに基いて行われることによる。つまり、モバイルユーザは、目的となる周辺情報と現在地の空間的関係の認識を伴って、周辺情報の重要情報判定を行う。

周辺情報の重要度判定には、次の3種類の周辺情報に対して実施されるものがある：(周辺情報-1) モバイルユーザの獲得要求適合候補遠・近周辺情報、(周辺情報-2) モバイルユーザの認知地図に含まれる遠・近周辺情報、ならびに、(周辺情報-3) モバイルユーザの現在地から視認できる近周辺情報。ここで、認知地図とは、文献[5]において、広義的には、地理空間上の重要ポイント間のすべての関係に関する記憶を表わし、狭義的には、それらを図示化したものであると定義されている。

その3種情報の活用を伴う周辺情報の重要度判定は、次の4プロセスによって行われる。

[思考プロセス-1] 認知地図-リアル地図の対応付け：モバイルユーザは、認知地図上とリアル地図上の周辺情報-2の対応付けによって、リアル地図上の周辺情報-1の位置を推定する。文献[5]より、モバイルユーザがこの推定を実施することは可能である。

[思考プロセス-2] リアル地図-実空間の対応付け：モバイルユーザは、リアル地図上と実空間上の現在地、ならびに、2点以上の周辺情報-3の対応付けによって、リアル地図と実空間の対応付けを達成する。これは、リアル地図と実空間の幾何学的な一致を実施することである[5]。

[思考プロセス-3] 思考プロセス-1と思考プロセス-2の結果からの、実空間上の現在地の推定、ならびに、周辺情報-1と現在地間の空間的関係の想起。この想起が可能であることは、文献[5]により実証されている。

[思考プロセス-4] 周辺情報-1-現在地の空間的関係から重要度判定を行う。

ここで、リアル地図とは、紙地図、あるいは、電子地図を指す。

モバイルユーザがこの思考プロセスを行うには、彼らに、次の二つの条件を満たすリアル地図を所持させる必要がある：(条件-1) 思考プロセス-1で扱われる周辺情報-1と、周辺情報-2を多く含む、広範囲な地図、ならびに、(条件-2) 思考プロセス-2で扱われる周辺情報-3を含む地図

本稿では、空間的関係の自動近似を伴う周辺情報提示システムの実現方式を提案する。提案方式の特徴は、次の2点にある。

特徴-1：条件-1、ならびに、条件-2を同時に満足する地図情報自動生成機能の実現

2つの地図領域上に表現する空間的関係の正確さが異なることを考慮し、画面を条件-1を満足する地図情報提示領域と条件-2を満足する地図情報提示領域に分ける。提案方式は、この2領域を自動算出するものである。

特徴-2：重要情報-a~dのうちの距離関係の同一化、ならびに、重要情報-b~dのうちの位相・方向関係の近似化再現機能の実現

我々は、本機能をモバイルユーザの周辺情報獲得行為の観察から得られた、次に示す我々の仮説に基づいて実現する。

(仮説) リアル地図を所持する人は、次の4照合によって、

思考プロセス-1を行える：照合-1 = 認知地図-リアル地図上の周辺情報間方向関係、照合-2 = 同位相関係照合、照合-3 = リアル地図-実空間上の周辺情報間方向関係照合、照合-4 = 同位相関係照合。

なお、4照合からある程度の距離関係を想起させることができる根拠は、認知地図が空間として記憶されていることに基づく[2]。

提案方式は、空間的関係の近似化によって、遠周辺情報を画面内へ収め、これらの4照合の一括実施をサポートするものである。これにより、提案方式は、利用者にとって負担となる地図操作(地図の拡大・縮小、スクロール操作)を伴わない思考プロセス-1の実施を可能とする。

位相関係の近似化再現とは、離れている地点に関連付けられた周辺情報を隣接させるものである。提案方式では、周辺情報を表す文字列の隣接によって表現する。方向関係の近似化再現とは、モバイルユーザの現在地からの方向数を d と設定し、周辺情報から最も近い方向をモバイルユーザから見た周辺情報の方向とするものである。

距離関係の同一化再現とは、モバイルユーザの現在地と周辺情報間の距離を同一化することを指す。つまり、提案方式は、重要情報-b~d間の位相関係と方向関係を可能な限り正確に再現しつつ、距離関係を積極的に無視することによって、より多くの重要情報-b~dを画面内に収める方式として位置づけられる。

ここで、重要情報-b~d間の位相関係と方向関係を可能な限り正確に再現することの理由は、次の2点にある：(理由-1) 情報獲得という観点から、空間的関係のうち、もっとも正確に再現すべき関係は位相関係である。この関係が保持されない場合、モバイルユーザに実空間にはない空間的関係を想起させる。(理由-2) 方向関係を正確に表現することの理由は、方向ごとに位相関係の近似化を行うことにより、周辺情報間の位相関係の崩れを抑制することにある。なお、近似化手法により、重要情報-aは正確に表現されない。

距離関係を無視する理由は次の点にある：(理由-3) 距離関係の正確な再現は近周辺情報と遠周辺情報の両者を同時に画面内に収めることを困難にする。

これらより、3関係を正確に表現することを目的とした地図に基づいた周辺情報閲覧システムによって重要情報 b~d の獲得機会をモバイルユーザに享受する。

さらに、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

提案方式の特徴は本稿第1.節において述べた条件-1と条件-2を同時に満足すること、ならびに、重要情報-b~dの近似化による遠周辺情報の画面内への再現・提示機能を実現することにある。

本節ではその実現方式を述べる。

2.1 構成要素

2.1.1 描画フレーム

提案方式は次の3種類の描画フレームを有する：(1) 周辺情報フレーム：周辺情報-1, 周辺情報-2の提示を行うフレーム、

(2) マップフレーム： 周辺情報-3 の提示を行うフレーム (3) ディスプレイフレーム： 周辺情報フレームとマップフレームを内包するフレーム．マップフレームと周辺情報フレームは、ディスプレイフレーム内に配置される．このフレーム配置を「フレームレイアウト」と定義する．また、周辺情報フレームにおける周辺情報を「マップフレーム外周辺情報」と定義する．

2.1.2 データベース

提案システムでは、周辺情報データベースとマップデータベースを使用する．

周辺情報データベースは、周辺情報を保持するデータベースである．その構造は (周辺情報 ID, 緯度経度, 周辺情報表示内容) の 3 項目を含むものである．ここで周辺情報 ID とは、周辺情報の識別子を表わす．緯度経度は、周辺情報に関連付けられた地点の緯度経度を表わす．周辺情報表示内容とは、フレームに配する際に用いるランドマークデータを表わす．この内容は本システムの応用に依存する．例えば、周辺情報を表わす注釈文字列やアイコン画像が設定される．

マップデータベースは、マップフレームに描くモバイルユーザの周辺地図のパーツ群を保持する．

2.1.3 入力値

次の項目は、モバイルユーザが提案システムに与える入力値である：(1) 方向数 d , (2) ディスプレイフレームの大きさ l_s , (3) 周辺情報フレームに出力する周辺情報数 N , (4) 周辺情報検索範囲 r_a , ならびに, (5) 現在地の緯度経度 O . 方向数 d は、近似化された方向に周辺情報フレーム配置するための値である．この値が小さいほど提案システムにより表現される方向数は少なくなる．なお、第 2.2 節に示す実装上の都合により、 $d \geq 3$ とする．ディスプレイフレームの大きさ l_s は画面の大きさを指す．この値と d は、すべてのフレームのサイズを決定する必須要素として位置づけられる．周辺情報数 N は、1 つの周辺情報フレームに配される周辺情報の数を上限を指す．モバイルユーザの現在地の緯度経度 O は、モバイルユーザによる直接入力、あるいは、GPS により与えられるものとする．

2.2 2 地図生成手順

提案システムは、次の 3 手順により、重要情報-b~d の近似化再現・提示を伴う 2 地図生成を行う (図 1).

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

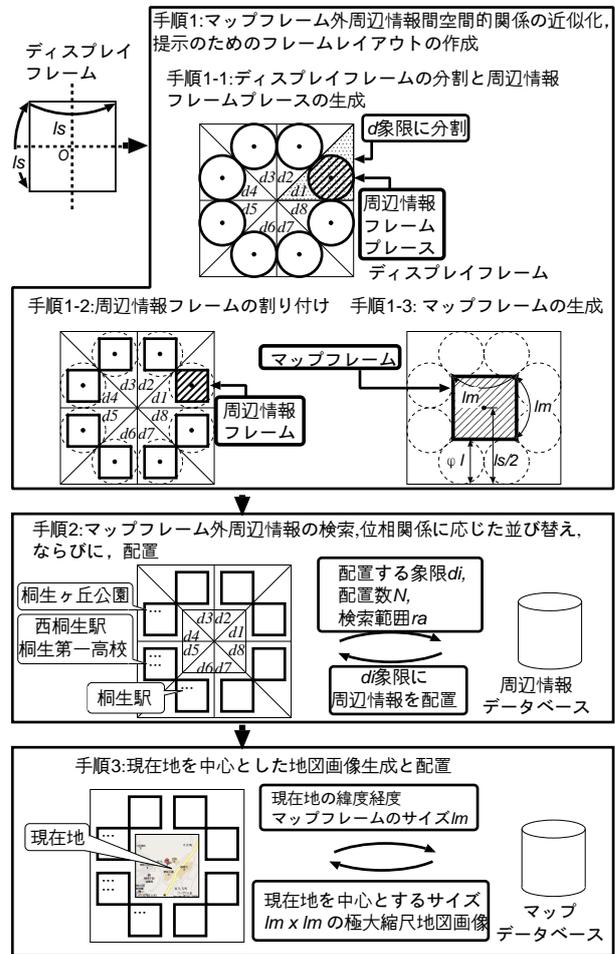


図 1 2 地図生成手順 ($d = 8$)

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、内接正方形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

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、思考プロセス-2 に基づき周辺情報-3 を複数含むと考えられる極大縮尺地図を用いる．

3. 実験

3.1 実験目的

本実験における目的は、本稿第 1. 節において述べた仮説と提

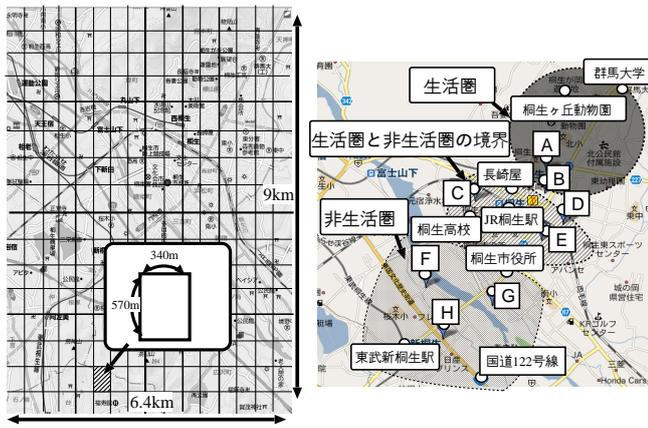


図 2 (1) 解答用地図 (2) 現在地 8 地点と代表的ランドマーク

案方式の妥当性、ならびに、有効性を明らかにすることである。

3.2 実験方法

我々の仮説と提案方式の妥当性、ならびに、有用性は、重要情報-b~d の近似化された方向関係と位相関係の獲得、ならびに、大縮尺地図からの周辺情報-3 の獲得により、モバイルユーザが正確に現在地を認識できることより明らかにされる。ここで、モバイルユーザが現在地を認識する行為を「現在地認識」と定義する。

それらの妥当性の評価方法として、次に示す 2 システムの位置独立性と縮尺独立性の比較を行う方法を採用する。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。縮尺独立性とは、マップフレームに描画された地図の縮尺に関係なくシステムが高い性能を示す性質を表す。

(システム-1) 提案システム：位相関係と方向関係の近似化を行う地図閲覧システム

(システム-2) GoogleStaticMaps [4]：3 関係を正確に表現する既存地図閲覧システム

2 システムは、マップフレームに描画する地図に同一のものを扱う。これにより、提案システムの周辺情報フレームにおける空間的關係近似化の効果が明らかにされる。

3.2.1 評価方法

次の式により示される現在地認識精度によって、2 システムの位置独立性と縮尺独立性を評価する。

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

解答用地図として、118.8cm × 84cm のキャンパスに縮尺 1/7,615 のもの印刷したものを使用した。この地図は、群馬県桐生市の 9km × 6.4km の範囲をカバーする。また、我々が、被験者の解答を間違いなく読みとるため、ならびに、被験者が現在地を解答しやすいよう、図 2 に示す 256 区画に分けた。1 区画の大きさは 7.6cm × 4.5cm (カバー面積=570m × 340m) である。被験者に、256 区画からその現在地を含む 1 区画を解答させた。解答時は、被験者に、解答用地図から 1m 程度離れることを指示した。これは、被験者が解答用地図から、2 システムが提示しない地理情報を得ることを避けるためである。

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

表 1 地図の名前、ならびに、フレームに描画される地図の縮尺と提示される範囲

名前	縮尺	地図に表示される範囲
地図-a	1/1040	75m × 75m
地図-b	1/4160	300m × 300m
地図-c	1/8320	600m × 600m
地図-d	1/16640	1200m × 1200m

区画と正解区画の違い (正解から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: 現在位置を含む 1 区画 (1 区画をランダムに選んだ場合の正解率 $1/256 = 0.4\%$)

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 (1 区画をランダムに選んだ場合の準正解率 $9/256 = 3.5\%$)

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 (1 区画をランダムに選んだ場合の準々正解率 $25/256 = 9.8\%$)

3.2.2 実験環境

6 名を対象に予備実験を行い、52 名を対象として本実験を行った。本実験の被験者の構成は次のとおりである: (1) 群馬大学工学部 1 年生-1 名, (2) 同 2 年生-33 名, (3) 同 3 年生 9 名 (4) 同 4 年生-8 名 (5) 同大学院生-1 名。2 年生を中心に構成することにより、数ヶ月間の桐生生活により、桐生市に関する認知地図がある程度形成されている人を集めた^(注1)。これにより、モバイルユーザの認知地図形成度合いに応じた提案システムの有用性を示すことが可能となる。

予備実験の目的は、本実験目的に則した現在地選定、ならびに、マップフレームに描画する地図の縮尺決定にある。予備実験において、現在地候補として 10 地点を事前に選定し、その後、5 名に候補地点における現在地の認識を行わせた。現在地候補選定は、「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の場としない」という仮説に基づいた、次の 3 分類に従った。

生活圏グループ: JR 桐生駅北側 ~ 群馬大学間の地域 (多くの群馬大学生の日常の行動範囲)

生活圏と非生活圏の境界圏グループ: JR 両毛線沿いの地域

非生活圏グループ: 東武新桐生駅を中心とした桐生を代表する居住地域

現在地候補数を 10 とした理由は、1 回の実験実施時間を 2 時間以内に抑えることにより、被験者の負担を削減することにある。予備実験の結果から、目視による現在地認識精度が極めて高かった 2 候補を除いた 8 候補を事前に選定した (図 2)

予備実験において、縮尺の異なる 4 地図候補を事前に選定した (表 1)。この 4 候補は、そのマップデータベースから取得できる最大縮尺 1/1,040 の地図と、その縮尺を 4 段階に縮小させたものとした。予備実験の結果から、縮尺 1/16,640 の地図提示を行う 2 システムを用いた現在地認識精度は十分に高く、

(注 1): 群馬大学工学部生は、2 年次より桐生キャンパスにて学習を開始する。

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

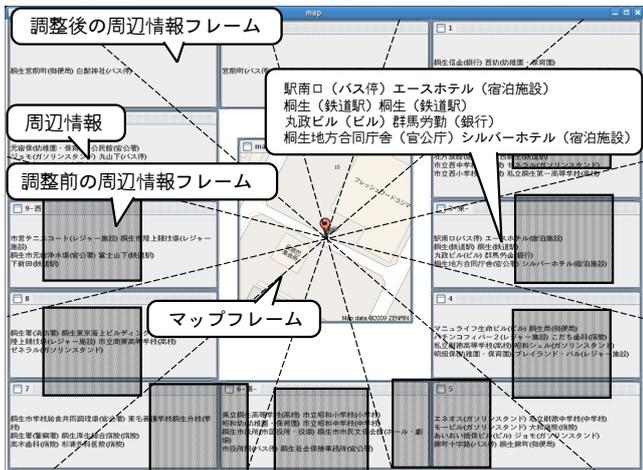


表 2 本実験における被験者グループ

総被験者数		52 名	
現在地認識の実施地点	被験者グループ A (26 名)	システム-1	A, C, E, H
		システム-2	B, D, F, G
	被験者グループ B (26 名)	システム-1	B, D, F, G
		システム-2	A, C, E, H

両者の間に差が生じないことが確認された。したがって、本実験において 4 候補を採用した。

我々は、被験者と現在地を表 2 に示す 2 グループに分け、本実験を実施した。ここで、被験者と現在地を 2 グループに分けた理由は次の 3 項目にある：(1) 1 被験者に 2 システムを使用させることにより、個人差による現在地認識精度のかたよりを低減させる、(2) 2 システムを用いて現在地を認識させることにより、地点による現在地認識精度のかたよりを低減させる、ならびに、(3) グループ数を 2 に抑えることにより、被験者数と現在地数が少ないことによる現在地認識精度のかたよりを低減させる。

検索範囲 r_a は、すべての方向にある周辺情報を画面内に配置するのに十分な検索範囲である $2.5km$ とした。方向数 d を 12 とした。その理由は次のとおりである：(1) d の値が大きい場合、重要情報 $b \sim d$ の位相関係の多くを再現できる、ならびに (2) 時計など、人にとって馴染みのある方向数である。

コンピュータを使い慣れていない被験者を想定し、8 現在地における 2 システムの出力結果を A4 サイズ用紙に印刷したものをを用いた。この時、用紙上の提案システムのフレームのサイズと配置位置を、マップフレーム外周辺情報の方向関係をできるだけ損なわず、かつ、より多くの周辺情報を表示するように手で調整した (図 3)。これは、提案システムの現在のプロトタイプにおいて、スクロールバー付きの周辺情報フレームを出力するが、紙の出力結果上で被験者にスクロール操作を行わせることができないためである。さらに、調整済みの周辺情報フレームに、できる限り多くのランドマークを配置するよう、 N を 8 とした。

3.2.3 使用データベース

マップフレーム外周辺情報としてランドマーク名を用いた。

ランドマーク名には、「MapInfo スタandard 地図 2003 施設ポイントデータ」に収録されているものを利用した。その結果、周辺情報データベースは (周辺情報 ID, 緯度経度 {ランドマーク名, ランドマークの種類}) を 1 行とする表構造とした。また、マップデータベースは (緯度経度, 地図の縮尺, 地図画像のサイズ) を 1 行とする表構造とし、GoogleStaticMapsAPI を用いて実装した。本実験において、周辺情報表示内容としてランドマーク名とランドマークの種類の組を用いた。この組は、利用者に同名を持つ異なるランドマークを識別させる。これにより、本実験における周辺情報データベースの構成は、提案システムを用いた現在地認識の精度低下の要因とならない。

3.3 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。

Step1 被験者に目隠しさせ、現在地へ移送する。

Step2-1 目視による現在地認識を行わせる。

Step2-2 解答用地図と解答用紙を与え、現在地と、現在地認識時に参考にしたランドマーク名 (参考ランドマーク名) を記入させる。

Step3-1 被験者に地図-a (縮尺 1/1,040) を与え、現在地認識を行わせる。

Step3-2 解答用地図と解答用紙を与え、現在地と参考ランドマーク名を記入させる。

Step4-1 被験者に地図-b (縮尺 1/4,160) を与え、現在地認識を行わせる。

Step4-2 解答用地図と解答用紙を与え、現在地と参考ランドマーク名を記入させる。

Step5-1 被験者に地図-c (縮尺 1/8,320) を与え、現在地認識を行わせる。

Step5-2 解答用地図と解答用紙を与え、現在地と参考ランドマーク名を記入させる。

Step5-1 被験者に地図-d (縮尺 1/16,640) を与え、現在地認識を行わせる。

Step5-2 解答用地図と解答用紙を与え、現在地と参考ランドマーク名を記入させる。

Step6 Step1 に戻る。

ここで、大きい縮尺の地図から小さい縮尺の地図に順番に切り替えた理由は次のとおりである：(理由) マップフレームに描画した小縮尺の広範囲地図が提示する周辺情報を、大縮尺の地図が提示しない周辺情報として活用することを防ぐ。これより、システムの縮尺独立性検証を可能にする。

3.4 実験結果

3.4.1 被験者の認知地図形成度合い

2 システムを用いた現在地認識精度は、被験者の認知地図形成度合いに依存する。したがって、被験者の認知地図形成度合いを踏まえた上で、システムの縮尺・位置独立性の評価を実施することが必須である。そこで、本節では、現在地認識時に被験者が参考にしたマップフレーム外周辺情報と現在地間の距離関係、ならびに、目視による現在地認識精度から、8 現在地における被験者の認知地図形成度合いを明らかにする。

表 3 は、被験者が現在地認識時に参考にしたマップフレーム

表 3 各現在地における目視による現在地認識精度, および, 被験者の参考にしたマップフレーム外周辺情報

現在地		A	B	C	D	E	F	G	H
各地点における目視による現在地認識精度の平均値		13%	23%	6%	15%	4%	23%	15%	31%
参考にしたマップフレーム外周辺情報 (類数)		16(8)	20(7)	23(7)	7(5)	20(5)	15(6)	11(5)	14(5)
現在地との距離関係	最小値	95m	93m	148m	539m	188m	240m	660m	141m
	中央値	302m	368m	302m	718m	413m	625m	896m	211m
最も参考にしたランドマーク名ならびに, 現在地からの距離 (参考にした被験者数)		桐生第一高校 95m(5人)	本町4丁目バス停 93m(4人)	桐生高校 148m(7人)	樹徳高校 539m(3人)	樹徳高校 300m(8人)	東武新桐生駅 733m(3人)	桜木小 1,100m(3人)	東武新桐生駅 466m(3人)

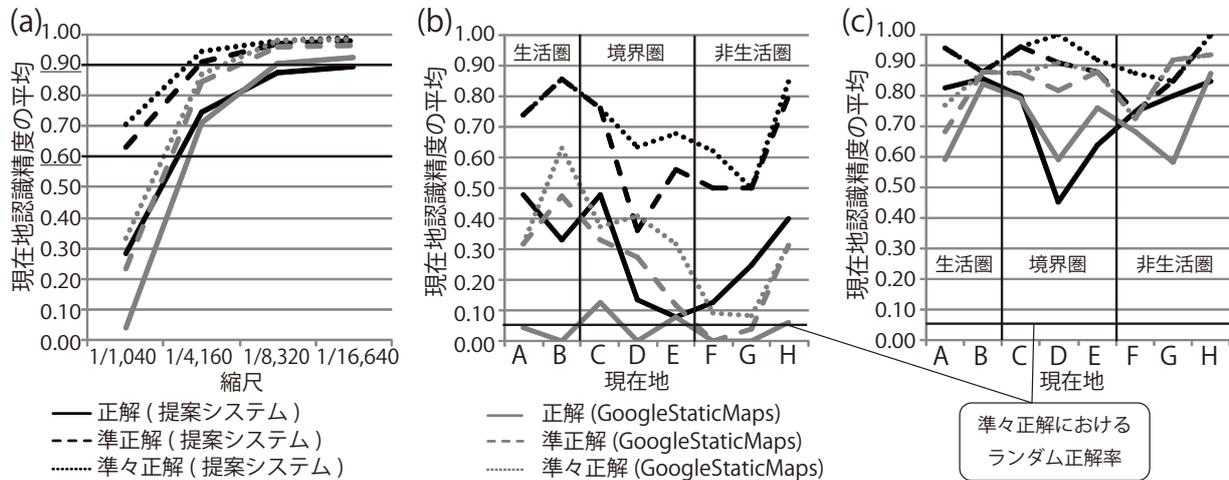


図 4 (a) 縮尺ごとの現在地認識精度, (b)(c) 地図-a, 地図-b を提示した場合の 2 システムの現在地認識精度

外周辺情報の集計結果を表す。目視による現在地認識精度の低さから, 多くの被験者が 2 システムに頼らずに現在地認識を実施することは困難であることが明らかとなった。さらに, 生活圏グループ以外の現在地 (C, D, E, F, G, H) において, 目視による現在地認識に失敗した被験者が参考にしたランドマークは, 生活圏グループの現在地 (A, B) のそれらより遠くにあった。これより, 生活圏グループ以外の各現在地付近に関する彼らの認知地図は, 生活圏グループのそれらほど詳細に形成されていない。特に, 多くの被験者は, 非生活圏グループの各現在地付近にあるランドマークが除去された空白地帯の大きい認知地図を有している。この根拠は, 非生活圏グループの各現在地が東武新桐生駅を中心とした, 桐生を代表する居住区に含まれ, 学校や商業施設等のランドマークが多数存在することに基づく。

以上より, 8 現在地における被験者の認知地図形成度合いを明らかにした。この結果を踏まえた上で, 次節以降, 我々の仮説, ならびに, 提案方式の妥当性について考察する。

3.4.2 提案方式の縮尺独立性に関する検証結果と考察

図 4(a) は, マップフレームに 4 地図を提示した場合の 2 システムを用いた現在地認識精度を表わす。縦軸は, 被験者の現在地認識精度の平均値を表わす。横軸は, 表 1 に示した 4 地図を表す。

図 4(a) より, 1/4,160 以下の縮尺の地図をマップフレームに提示した場合, 提案システムを用いた現在地認識精度は, GoogleStaticMaps を用いたそれを超えた。特に, 地図-a 提示時の両システムを用いた現在地認識精度に大きな差が確認された。特に, 提案システムの準正解率と準々正解率の高さから, 被験者に大きい縮尺の地図提示が行われた場合においても, 提案システムは, 被験者に現在地付近の認識を正しく行わせた。なお, 提案システムの正解率をさらに向上させるための要因については, 本稿第 3.4.4 節において述べる。

図 4(a) より, 1/8,320 以上の縮尺の地図をマップフレームに提示した場合の 2 システムを用いた現在地認識は高精度に実施された。これは, 被験者の認知しているランドマーク名がマップフレーム内に表示された結果, 被験者がそれらの周辺情報と現在地の間の 3 空間的関係を正確に認識できたことによる。

図 4(a) より, 被験者の現在地認識精度の 6 割達成を求められたとき, 提案システムは, 1/1,040 の縮尺を用いることが可能であることに對し, 既存システムは 1/4 倍の縮尺である 1/4,160 の縮尺提示を必要とした。また, 被験者の現在地認識精度の 9 割達成を求められたとき, 提案システムは, 1/4,160 以上の縮尺を用いることが可能であることに對し, 既存システムは 1/2 倍の縮尺である 1/8,320 以上の縮尺提示を必要とした。

していることが確認された。この理由は、文献 [2] に示された空間認知学の成果に基づく。この文献は、人の空間認知に関して、次の項目を実験により示した：「人は、道路やランドマークなどの特徴的な地点を東西南北方向に回転 (Rotation) させ、整列 (Alignment) させて記憶する傾向がある。」

現在地 H における提案システムを用いた現在地認識精度は、現在地 A, B のそれらと同等であった (理由-6) より、現在地 H に面した国道が、被験者の現在地認識に活用されたためである。一方、現在地 C と異なり、表 3 より、参考にしたマップフレーム外ランドマーク名と現在地間の距離が大きい。結果として、本実験前までに現在地 H 付近の詳細な認知地図形成が行われなかったと判断される。しかし、直面する道路情報と、現在地認識の参考になりえる「東武新桐生駅」が現在地 H と同一区画内に存在したため、多くの被験者は、その現在地を高精度に認識できたと結論づけられる。これは、認知地図上に存在するが提案システムが提示しない周辺情報によって、被験者の現在地認識が失敗する可能性を示唆するものである。実際、本実験において、周辺情報として使用した施設ポイントデータに道路名は含まれていなかった。

以上より、認知地図が形成されている状況において、システム利用者は 4 照合による思考プロセス-1 が可能であること、ならびに、認知地図未形成がシステム利用者の現在地認識の妨げ要因となることを明らかにした。

4. 関連研究

地図を介した地理情報獲得技術は、地理空間上の空間的関係を正確に扱うものとその関係を近似化して扱うものに分類される。一方、情報獲得という観点から、それらの研究は、地図上に表現された空間的関係のある基準に従って絞り込むものと新しい空間的関係を地図上に追記するものに分類される。ここで、ある基準とは、利用者の検索要求や地図表示を行う画面の大きさなどである。

GoogleMap に代表される、地図を介した地理情報獲得技術は、地理空間上の空間的関係を正確に扱うものに分類される。しかしながら、モバイル・コンピューティング環境における地図を介した情報獲得という観点から、この分類に属する技術は、画面内に配する重要情報-a~d の数を抑制する。この回避のために、これらの技術は、利用者に骨の折れる数多くの地図の拡大・縮小・スクロール操作を強要する。

デフォルメ・マップ (略地図) は、空間的関係の近似化と空間的関係の絞込みを伴う地図を介した地理情報獲得技術の代表的な実装として位置づけられる。空間的関係の近似化は、画面内に配置できる空間的関係の数を増大させるのに貢献するものである。これにより、利用者にとって骨の折れる地図の拡大・縮小・スクロール操作数が削減される。例えば、1 本の直線の道路で結ばれた 2 地点間の距離関係のみを大幅に縮小することによって、その 2 地点間の位相関係と方向関係を地図の拡大・縮小・スクロール操作を伴わずに認識することが可能になる。また、方向関係の近似化により、2 地点間の接続関係を認識しやすくするための手法も提案されている [1]。

文献 [6] は、空間的関係の近似化と新しい空間的関係の地図上への追記を伴う地図を介した地理情報獲得技術の 1 実装として位置づけられる。

その特徴は、遠周辺情報、ならびに、地図要素間の位相・方向関係を維持しつつ、それらの間の距離を、遠周辺情報情報が画面内に収まるような最小距離に置き換える手法について述べている。しかしながら、遠方の周辺情報を画面内に収める場合には、全く異なる距離関係に置き換えられるため、遠周辺情報、ならびに、地図要素間の位相・方向関係を画面から視認することが困難となる。

提案方式も同様に、後者の研究として位置づけられる。その特徴は、周辺情報獲得のためのツールとして位置づけられ、距離関係を積極的に無視することにより、広範囲にまたがった周辺情報間の位相・方向関係の視認性低下を引き起こさない方式として位置づけられる。

5. おわりに

本稿では、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。提案方式の特徴は次の 2 点にある：(特徴-1) 空間認知プロセスに基づいた 2 地図自動生成機能の実現、ならびに、(特徴-2) 周辺情報間の空間的関係の主要 3 関係 (位相関係、方向関係、距離関係) の近似化再現、および、同一化再現を自動的に行うための機能の実現。これにより、提案方式は利用者に地図操作 (拡大・縮小、スクロール操作) を伴わない遠周辺情報の提示を可能にする。

実験により、提案方式が認知地図形成されている被験者に対して有効であること、ならびに、提案方式の 2 地図構成が妥当であることを明らかにした。

今後の課題としては、周辺情報フレーム提示地図における遠周辺情報のフィルタリング、ならびに、マップフレーム提示地図の検討が挙げられる。

謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金若手研究 (B)(#19700089) によるものである。

文 献

- [1] 丸山 貴志子, 谷崎 正明, 島田 茂: デフォルメマップ生成のための道路変形モデルとそのシステム評価, 高度交通システム 12-12(2003)
- [2] Tversky, B.: Distortions in Memory for Maps, *Cognitive Psychology* 13, 407-433(1981)
- [3] Egenhofer, M.J.: Spatial Relations: Models, Inferences, and their Future Application, *Proc. Advanced Database Symposium '96*, separate volume(1996)
- [4] GoogleStaticMapsAPI.
<http://code.google.com/intl/ja/apis/maps/>
- [5] Levine, M., Irwin N. Jankovic, I.N., Paliji, M.: Principles of Spatial Problem Solving, *Journal of Experimental Psychology: General*(1982)
- [6] Hosokawa, Y: A Location-aware Information Browser implemented on BREW-based Mobile Phones, *Proc. Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing*, pp.18-78(2008)