

ランドマークに着目したドライバの地点把握度認識手法

松山 聖路¹ 徳永 雄一² 清原 良三³

概要: 人にとって自分のいる場所を正しく把握するスキルは非常に重要であり, ユーザの地点把握度を認識することができれば, 近年登場している LBS(Location Based Services) への活用などが期待できる. 人間が持つ空間のイメージは一般に認知地図と呼ばれている. 認知地図の構築過程には「熟知性」と「ランドマーク」という要素が大きな影響を与えるということが報告されている. 我々はこれまで地点把握度認識の研究を行ってきたが, 従来手法は「熟知性」にのみ着目した手法であった. そこで本論文では, 認知地図の構成過程において重要な役割を持つと考えられる「熟知性」と「ランドマーク」の両方に着目して地点把握度を認識する手法を提案する. 「ランドマーク」を地点把握度認識に用いることの有効性を確認するために, 従来手法との比較を行ったが, 評価データがドライバの生活領域であったことから本手法の有効性を確認することはできなかった. 今後の課題として, ドライバにとって馴染みのない地点における評価を行う必要や, ランドマークの密度や地域の特徴を考慮したランドマークの選択を行うように提案手法の改善を行う必要が確認された.

A Method for Recognizing Degree of User's Location Cognition Focused on the Cognitive Map with Landmarks

SEIJI MATSUYAMA¹ YUICHI TOKUNAGA² RYOZO KIOHARA³

1. はじめに

自分のいる場所を正しく把握するスキルは非常に重要である. 人が生活をする上で移動という行為を欠かすことはできない. 移動をする際に行われるナビゲーションの基本的なプロセスは「出発地や目的地, 経路の同定および実際の移動と調整」という課題 [1] にまとめられることから, 現在地の把握が移動全体を通して重要な役割を果たしていることがわかる. 現在地の把握が不十分であるとき, 円滑な移動を遂行することはできない.

また, このプロセスから自分のいる場所を正しく把握するという事は「現在地を確認するだけでなく, 周囲や目的地との位置関係を明確にし, 適切なルートを選択することである」と定義することができる.

近年, 位置情報を元にサービスを提供する LBS(Location Based Services) が普及してきているが, ユーザがどの程度現在地を把握しているかという情報を取得することができれば, サービスの向上に活用できるのではないかと考える.

最も代表的な LBS として挙げられるのは Google Maps [2] のような地図を提供するサービスである. これらのサービスは自身の位置情報を提供することで, 目的地までの経路探索やリアルタイムでのナビゲーションを利用することができる. 位置情報に加えてユーザの地点把握度が提供されれば, 地図の詳細度を動的に変更するなど, 情報量を適切に調整することが可能になると考える. また, イマドコサーチ [3] のように移動の支援を目的としたサービス以外にも位置情報が利用されている. このサービスにおいてユーザの地点把握度がわかれば, 見守りの対象が普段利用していない地域へ行ったり, 迷子になっている可能性を検知することが可能となるかもしれない.

我々はこの地点把握度情報を車載情報端末の操作性向上に活用したいと考えている. この研究における地点把握度活用のイメージを図 1 に示す. 我々がこれまでにに行った

¹ 神奈川工科大学大学院
Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

² 三菱電機株式会社情報技術総合研究所
Mitsubishi Electric Corp. Information Technology R&D Center

³ 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology

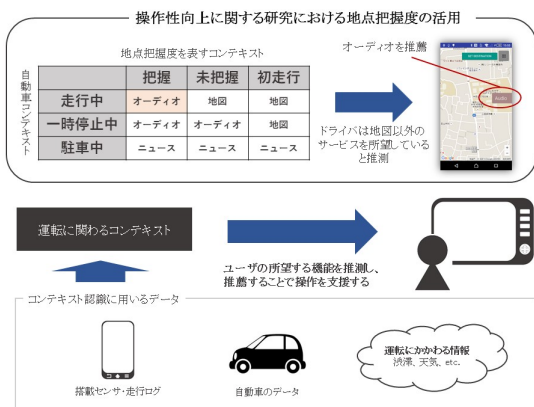


図 1 操作性向上に関する研究における地点把握度の活用

操作性向上に関する研究 [4] では、様々なコンテキストからドライバの所望するサービスを推測し、推薦することでサービス切り替えに必要な操作と時間を削減する手法を提案している。このサービスを推測する過程において、ドライバの地点把握度を表すコンテキストを用いることにより、車載情報端末の代表的なサービスである地図・ナビゲーションが所望されているかどうかを推測することができる。ドライバにとって馴染みのある地点では地図・ナビゲーションが利用されることは少ないためである。

そこで我々は自動車を運転するドライバの地点把握度を認識する手法について研究を行ってきた [5]。この研究では、ドライバの地点把握度を表すコンテキストを位置コンテキストと呼び、よく把握している、あまり把握していない、ほとんど把握していないという3段階に分類している。そして、走行頻度と地点把握度は比例関係にあるという仮定をもとに、GPSを用いて取得した位置情報から走行頻度を記録し、位置コンテキストの認識を行った。この手法により、ドライバの走行頻度からある程度ドライバの地点把握度を再現できることが確認できた。

しかし、ドライバの地点把握度は単純に走行頻度に比例して上昇するのではない。少ない走行頻度でも高い把握度を得られる地点も存在し、走行頻度が多くてもなかなか把握度が上昇しない地点も存在する。我々は人間の行動空間における認知構造に着目し、地点の把握しやすさについて考察した。人間の行動空間における認知構造、つまり人間の頭の中にある空間のイメージは一般に認知地図 (Cognitive Map) と呼ばれており、認知科学の分野で様々な観点から研究が行われている。認知地図は空間のイメージであるため、認知地図の精度が高い (詳細な認知地図が構成されている) ほど地点把握度も高いと言える。

認知地図を構成する要素の一つにランドマーク (特徴的な建物や地形) がある。ランドマークは認知地図形成の初期段階で記憶されること [6] や目的地への到達という移動課題に対して空間的な情報 (方角や距離) よりもランドマークなどの知覚的情報がよく用いられていること [7] が

報告されており、認知地図において重要な役割を持つと考えられる。

そこで我々はランドマークがドライバの地点把握度に与える影響を考慮した地点把握度認識手法の改良に取り組んだ。本論文では、改良を行った地点把握度認識手法について述べ、被験者の正解データから従来の手法と比較を行い結果を述べる。

以下、第2章では、関連研究を紹介し、本研究の位置づけについて述べる。第3章では、本研究における地点把握度の定義について述べる。第4章では、提案手法について述べる。第5章では、提案手法の評価を報告し、その結果と考察について述べる。第6章では、本論文のまとめを述べる。

2. 関連研究

認知地図とは人間が頭の中に持っている空間のイメージであり、このイメージが鮮明であるほど地点把握度も高いといえる。そのため、認知地図を形成する要素や形成過程について理解することで、人間の地点把握度がどのように上昇していくのかを知ることができる。そこで、2.1節では認知地図に関するいくつかの研究を紹介し、認知地図の形成に影響を与える要因やその構築過程について述べる。

認知地図を活用する研究も数多く行われている。2.2節では認知地図を活用した研究をいくつか紹介し、認知地図がどのように活用されているのかについて、また本研究の位置づけについて述べる。

2.1 認知地図

認知地図に関する研究の始まりは Tolman がネズミを用いて行った実験 [8] だと言われている。この実験はネズミを迷路に放してしばらく自由にさせたあとで、迷路に餌を置き、再度空腹状態のネズミを迷路に放ったところ最短経路を通して餌のある地点に到達したというものである。Tolman はネズミが最初の探索で空間を学習して内面に空間のイメージを形成したと理解し、この空間のイメージが認知地図であるとみなした。

この空間のイメージは人間も持つものであり、人間と空間との関係を解明するために認知科学の分野で様々な観点から研究が行われている。

まず、認知地図を構成する要素に関する研究を紹介する。Lynch は認知地図の形成要素として「経路」、「エッジ」、「ディストリクト」、「ノード」、「ランドマーク」の5つを挙げている [9]。各要素についてまとめたものを表 xx に示す。

次に認知地図の構築過程に関する研究を紹介する。認知地図の構築過程には「ルートマップ的理解」と「サーヴェイマップ的理解」という2つの段階があると Shemyakinn は述べている [10]。「ルートマップ的理解」とは自分の視点から見たルートと周辺に関する空間認知が行われている

表 1 認知地図を構成する 5 つの要素

構成要素	説明
バス	人が移動をする際に利用する経路
エッジ	河川や幹線など、地図の境界となるもの
ディストリクト	オフィス街や住宅街など、共通した特徴に見られる区画
ノード	公園や庭園など、パスに隣接しており侵入可能な領域
ランドマーク	地形や建造物など、目的地へ移動する際に方角や目印となるもの

状態であり、その領域は局所的である。「サーヴェイマップ的理解」とは俯瞰的な空間認知が行われている状態であり、その領域は広域的である。つまり、「ルートマップ的理解」の段階では自分の移動経験が手続き型でイメージされているだけで周囲の空間との位置関係などを把握できていない。しかし、認知地図の構築が進み、「サーヴェイマップ的理解」の段階になると複数空間の位置関係を把握し、自らルーティング（新規ルートの開拓）を行ったり、道案内をするときに相手にとって適切な経路を選択して説明することができるようになる。「ルートマップ的理解」と「サーヴェイマップ的理解」のイメージを図 2 と図 3 に示す。

認知地図の構築に影響を与える重要な要因として熟知性とランドマークが挙げられる。熟知性に関する研究は、馴染みのない空間を学習するときどの要素に注目し、空間に慣れ親しむにつれてどのように空間を認知していくのかという取り組みである。Appleyard は新しい空間を学習する方向性として、まず経路に注目し、それからランドマークに注目が移っていくことを報告をしている [11]。これはスケッチアップ法によって得られたベネズエラ都市住民の認知地図を居住年数に応じて検証した結果から得られたものである。居住年数の短い住民は経路を中心とした認知地図を形成していたが、居住年数の長い住民は経路や建物、山や川など地域性のあるものを用いて認知地図を形成していた。この結果から、ユーザの地点把握度を認知する際にユーザにとって馴染みのある地点を考慮したり、走行頻度などの地点の熟知に貢献する要素がパラメータになるといえる。

先に 5 つの要素が認知地図を構成していると報告する研究 [9] を紹介したが、その中でも特にランドマークが重要な役割を持っているという報告がいくつかなされている。ランドマークは認知地図形成の初期段階で記憶されること [6] や目的地への到達という移動課題に対して空間的な情報（方角や距離）よりもランドマークなどの知覚的情報がよく用いられていること [7]、認知地図の構築過程においてランドマークの数が増加すること [12] などが報告されており、ランドマークが認知地図の構築において重要な役割を持つと考える。

つまり、人間の地点把握度が上昇する過程においてラン



図 2 「ルートマップ的理解」のイメージ

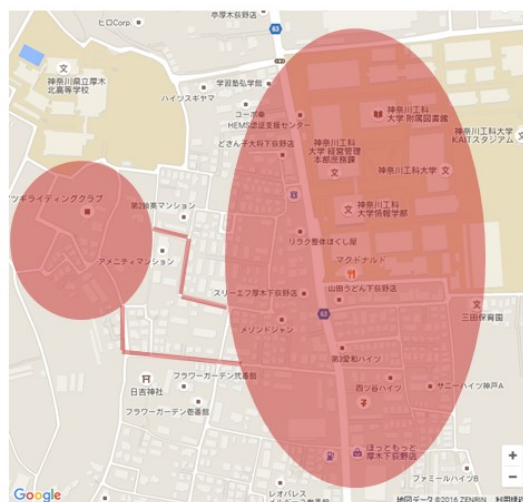


図 3 「サーヴェイマップ的理解」のイメージ

ドマークは非常に重要な役割を持っており、地点把握度を認識するためにはランドマークの影響を考慮することが重要であると考えられる。

これらの研究から、地点把握度を認識するためには 1) 熟知性と 2) ランドマークの 2 点に着目することが肝要であると考えられる。

3. 地点把握度の定義

従来手法である走行頻度に基づいた地点把握度認知手法において、地点把握度は「よく把握している」、「ある程度把握している」、「ほとんど把握していない」の 3 段階に分類されている。

従来手法ではドライバとその周辺に重み付けをしたフィルタを用いて走行頻度を記録し、ドライバのいる地点に記録されている値と筆者らの経験から暫定的に定義した閾値とを比較してどの段階に該当するのかを判定していた。暫定的に定義した閾値は、「よく把握している」は 10 回、「ある程度把握している」は 5 回、「ほとんど把握していない」

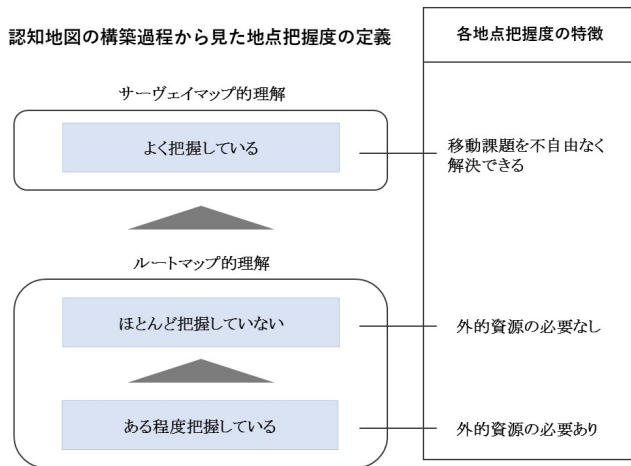


図 4 本論文における地点把握度の定義

はそれ以下の走行経験に相当する値としている。

2.1 節で述べたとおり，認知地図はルートマップの理解からサーベイマップの理解へと構築されていくことが報告されており [10]，本論文ではこの認知地図の状態をもとに地点把握度を再定義する。

地点把握度における「よく把握している」という段階は，認知地図におけるサーベイマップの理解の段階であると定義する．この段階は移動に地図などの外的資源を必要としないだけでなく，自らルーティング（新規ルートの開拓）を行ったり，相手にとって適切な経路を選択して案内することができる。

地点把握度における「ある程度把握している」と「ほとんど把握していない」という段階は認知地図におけるルートマップの理解の段階であると定義する．ただし，「ある程度把握している」と「ほとんど把握していない」という2つの段階は地図の必要性という観点から区別される．「ある程度把握している」という段階は移動に地図などの外的資源を必要としないが，現在地周辺を俯瞰的なイメージで把握している状態ではないため，自らルーティングを行ったり，相手にとって適切な経路を選択して案内することはできない．「ほとんど把握していない」という段階は移動に地図などの外的資源を必要とし，地点に対してほぼ初見の状態である。

本論文における地点把握度の定義をまとめ，図 4 に示す。

4. 提案手法

我々は既にドライバの地点把握度を認識する手法について研究を行っている [5]．従来手法では，走行頻度とドライバの地点把握度との関係に着目した手法を提案し，走行頻度から地点把握度をある程度再現できることを示した．この手法は，2.1 節で述べた認知地図の構成に影響を与える2つの要素のうち「熟知性」に着目した手法であると言える．しかし，ドライバの地点把握度の上昇は走行頻度だ

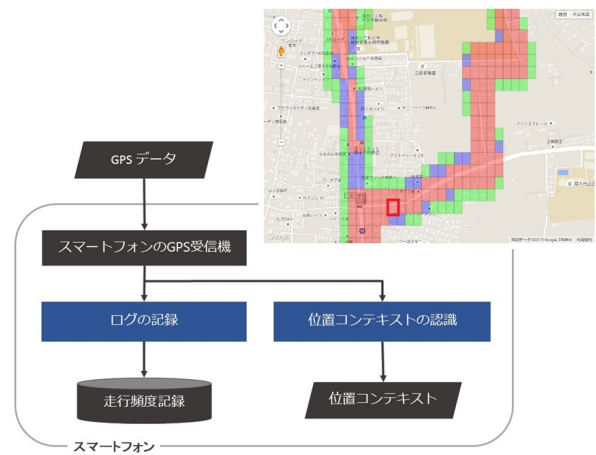


図 5 従来手法の全体構成

けに依存するのではない。

認知地図の構成に影響を与えるもう一つの要素として「ランドマーク」がある．2.1 節で述べたとおり，人間の持つ認知地図は「ルートマップの理解」から「サーベイマップの理解」へと構築されていくことが報告されている [10]．「ルートマップの理解」から「サーベイマップの理解」への構築過程において，認知されているランドマークの数が増加していくことが報告されており [12]，認知地図においてランドマークは重要な構成要素であることがわかる．そこで我々はランドマークに着目して地点把握度の認識精度向上に取り組んだ。

本章では，ランドマークに着目して改良を行った手法について述べる．4.1 節では従来手法の概要を説明し，4.2 節ではランドマークに着目して改良を行った手法について述べる。

4.1 従来手法の概要

従来手法の概要を 図 5 に示す。

従来手法はドライバの走行頻度と地点把握度の関係，つまり「熟知性」に着目してドライバの地点把握度を認識する手法である．認識される地点把握度は「よく把握している」，「ある程度把握している」，「ほとんど把握していない」の3つの段階に分類した。

従来手法は走行頻度の記録と位置コンテキストの認識という2つのモジュールで構成されている。

走行頻度の記録は，一定の距離ごとに区切られた格子状の緯度・経度座標（マス）に走行頻度を表す値を記録する．この記録処理は 3×3 マスで構成されるフィルタを用いて該当領域へ加算処理を行うものであるが，フィルタにはドライバが周囲へ向ける注意を考慮して，1) ドライバの位置，2) ドライバの前後左右，3) ドライバの前後の両隣の順で重み付けをした。

位置コンテキストの認識は，走行頻度記録から現在走行

中のマスを取得し、そのマスに格納されている値と定義されている閾値とを比較して認識を行った。閾値は筆者らの経験から定義した暫定的なものであり、「よく把握している」は10回、「ある程度把握している」は5回、「ほとんど把握していない」はそれ以下の走行経験に相当する値としてフィルタの中心座標の値と該当する走行経験回数を乗算したものである。

4.2 ランドマークに着目して改良した提案手法

本論文における提案手法はランドマークに着目して従来手法を改良した手法である。つまり認知地図の構築に影響を与える「熟知性」と「ランドマーク」の両方に着目した地点把握度認識手法である。

認識される地点把握度は従来手法と同様に、「よく把握している」、「ある程度把握している」、「ほとんど把握していない」の3つの段階に分類する。

走行頻度を記録するためのフィルタは従来手法で用いたものをベースにランドマークの重みを考慮したものに変更する。従来手法で用いたフィルタは3x3マスの中心をドライバの現在地点とし、ガウシアン分布に基づいて、1)ドライバの位置、2)ドライバの前後左右、3)ドライバの前後の両隣の順に重み付けがされていた。今回提案する手法では、このフィルタにランドマークの重みをかけることで、ランドマークがドライバの地点把握度に与える影響を反映させる。ランドマークの重みについては次節で詳細を述べる。

本提案手法で用いるフィルタの決定手順は次のとおりである。

- 1) ガウシアン分布に基づく3x3マスのフィルタを用意する
- 2) フィルタの各マスに該当する領域にランドマークがないか確認する
- 3) ランドマークが発見された場合、発見された場所に該当するマスの値にランドマークの重みを掛ける
- 4) すべてのマスを確認し計算されたフィルタを用いて走行頻度の記録を行う。

各マスにおいて複数のランドマークが存在する領域も存在すると考えられる。その場合、確認されたランドマークの中で最も重みの大きいランドマークを選択し、フィルタの値に掛ける。従来手法と提案手法におけるフィルタの概要を図6に示す。

4.2.1 ランドマークの決定と定量化

ランドマークを地点把握度認識に用いるために、ランドマークの定量化を行った。ランドマークの認知されやすさに影響を与える要因には種類、大きさ、周辺環境など様々な要因があると考えられる。本論文ではランドマークの種類に着目して定量化した値をランドマークの重みとして用いた。

何をランドマークとするかという点にも個人差があると

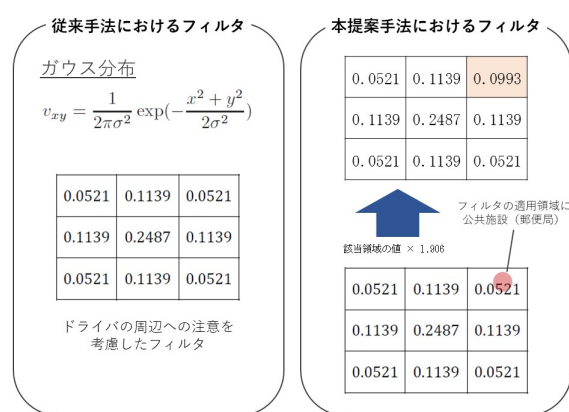


図6 従来手法と提案手法におけるフィルタの概要

考えられるが、本提案手法では一般に人が着目するランドマークを考慮することとする。藤井 [13] らは無作為に収集した案内地図を分析し、案内地図を構成する要素を調査している。調査の結果、ランドマークの認知のしやすさとして属性種別が重要であるとし、その出現頻度を報告している。案内地図に登場するランドマークは広く一般に認知されるランドマークが採用されており、このランドマークを用いることによって汎用的な地点把握度認識が可能となると考える。

そこで我々は、この調査結果を参考に、1) ランドマークの決定と2) ランドマークの重み付けを行った。藤井らが報告し、我々が本提案手法において用いるランドマークとその出現頻度、及びランドマークの重みは次章に示す。我々は藤井らが報告したランドマークの出現頻度を、1.0から2.0の範囲となるように正規化したものをランドマークの重みとした。

本研究ではこの中から重みの大きい、駅、商店、レストラン、公共施設（郵便局、図書館、公園）、銀行、コンビニを選択し、ランドマークとして利用することとした。ビルも重みが大きくなっているが、歩行時とは異なり運転中には外見的特徴からの同定が困難であると考え、選択から外した。

本研究ではランドマークの検索に Google Maps API のライブラリである Place Library [14] を用いた。Place Library を用いることで、検索したい領域と検索したいランドマークを指定し、ランドマークの位置情報を取得することができる。

5. 評価と考察

提案手法の有効性を評価するために実験を行った。

まず5.1節で実験の設定について述べる。次に、5.2節で得られた結果について述べる。最後に5.3節で得られた結果や認知地図、ランドマークの他の性質から考察を述べる。

表 2 実験データの概要 (被験者 A)

実験場所	神奈川県厚木市, 伊勢原市
移動手段	大型自動二輪
期間	2015 年 5 月 15 日 2015 年 5 月 23 日
実験端末	L-05E(OS: Android4.2.2)
収集データ量	GPS データ数: 19,763 記録されたマス数: 4,818

表 3 実験データの概要 (被験者 B)

実験場所	神奈川県厚木市
移動手段	軽自動車
期間	2015 年 5 月 15 日 2015 年 5 月 23 日
実験端末	SH-02E(OS: Android4.1.2)
収集データ量	GPS データ数: 31,523 記録されたマス数: 7,177

表 4 実験で用いたランドマーク

属性種別	出現頻度	重み	件数
駅	0.117	1.898	2
商店	0.13	2.000	20
レストラン	0.081	1.614	20
公共施設	0.118	1.906	48
銀行	0.124	1.953	20
コンビニ	0.049	1.362	20

5.1 実験設定

従来手法の評価に用いたデータを活用して、改良した提案手法の有効性を評価する。従来手法で用いたデータは学生 2 名の被験者に端末をそれぞれ 1 台ずつ用意して収集した走行位置データである。被験者の実験データの概要をそれぞれ表 2 と表 3 に示す。実験期間は 1 週間とし、平日だけではなく週末も含むようにしていた。

被験者には通常通りの生活をしてもらい、車・バイクでの移動時に GPS データ収集アプリケーションを起動・実行してデータの収集を行ってもらったようにした。収集されたデータのうち、識別対象外のデータ（移動終了後に取得し続けてしまったデータ）は除去している。

認知地図の「熟知性」に着目して行った研究では、データ収集後、走行履歴から選んだ幾つかの地域の地図上に「よく把握している」道を赤色、「あまり把握していない」道を青色、「ほとんど把握していない」道を緑色で塗ってもらい正解データとして利用し、評価を行った。

今回は「ランドマーク」を考慮することで従来手法にどのような影響を与えるのかを確認するため、同じデータを用いて両手法による地点把握度の認識を行い、両手法の相違を確認する。

本実験で用いたランドマークの概要を表 4 に示す。本実験では、藤井らの報告 [13] を参考にランドマークの属性種別出現頻度からランドマークの重みを決定した。その中でも特に重みの大きい駅、商店、レストラン、公共施設（郵便局、図書館、公園）、銀行、コンビニを選択し、ラ

ンドマークとして利用することにし、Google Maps API の Place Library を用いてランドマークを取得した。ランドマークの取得は各項目につき 20 件までとした。これは Place Library の仕様によるものであり、件数を拡張することは可能であるがえて 20 件までにとどめた。ランドマークが密集している地域においてはランドマークの強さが薄れると考えたためである。そこで、各属性種別において 20 件を超えるランドマークがあった場合には、ユーザの参照度や人気度などによってソートされたものを上位から 20 件選択することにより、ランドマークの中でも特に認知されやすいと考えられるランドマークを選択した。

5.2 実験結果

従来手法との比較実験で得られた結果の一部を図 7 と図 8 に示す。実験結果を述べると、今回の実験において認識された地点把握度に違いを確認することができなかった。図 7 で示している領域には駅や図書館などのランドマークが確認できるが、これらのランドマークの周りはランドマークを考慮しない手法においても既に「よく知っている」と認識されている。今回の実験に用いた走行データは普段生活しているエリアのものであり、一週間の期間でほとんどの領域が「よく知っている」と認識されてしまったためである。

ユーザがサーヴェイマップ的理解をしている地点、特に普段生活で利用している地点において「熟知性」に加えて「ランドマーク」を考慮することの有効性は確認できない。

今後はユーザがルートマップ的理解にとどまっている領域、あるいは初めて走行する領域で実験を行い、「ランドマーク」を考慮した地点把握度認識手法の有効性を評価する必要がある。

5.3 考察

5.3.1 ランドマークの数

今回の実験では用いるランドマークの数に上限を設けていた。これはランドマークの密集する領域においてランドマークの強さが弱まると考えたため、より認識されやすいと考えられるランドマークのみを選択することにしたためである。しかし、用いるランドマーク数の上限である 20 という数は利用した Library の仕様に基づいて決定した数であり、適切な上限であるとは言えない。そのため、地点把握度認識に用いるランドマークの適切な数がどの程度であるのかを確認する実験を行う必要がある。

5.3.2 ランドマークとの距離

提案手法において記録される走行頻度記録は、1 マスが 25m 平方となるような格子状に分割している。今回提案した手法ではドライバの現在地とその周囲 1 マスの範囲でランドマークの有無を確認する。つまり、自身を中心としたおおよそ半径 37.5m の円の中にランドマークがある場合に

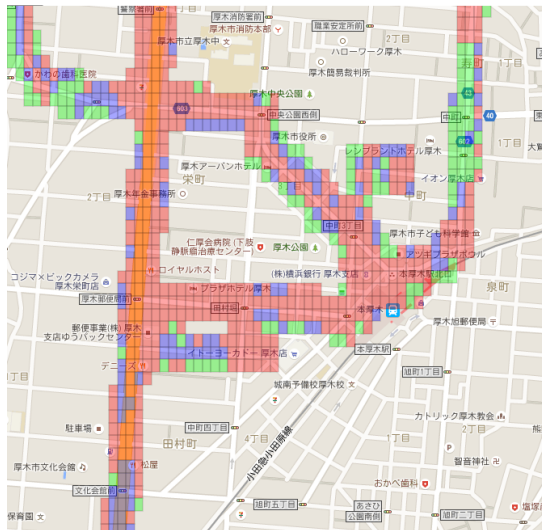


図 7 従来手法との比較実験の結果（従来手法）

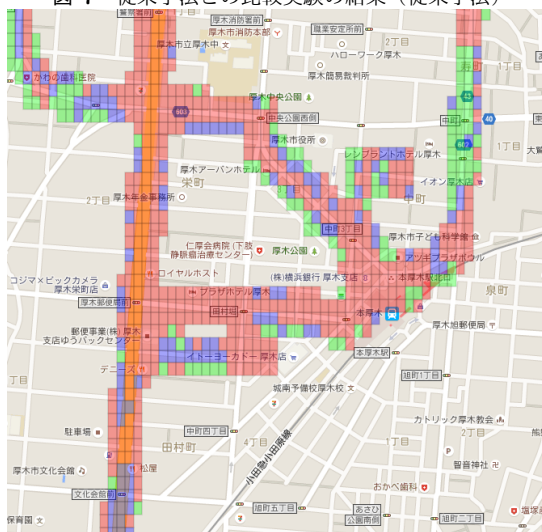


図 8 従来手法との比較実験の結果（本提案手法）

のみランドマークの重みを考慮したした記録を行っていることとなる。

実際の走行においては高層ビルなどの遠方にあるランドマークを確認することもできるが、地図上の情報からドライバの視認性までを考慮することは困難であったため、今回の提案では上記のような範囲をランドマークの認知可能領域としているが、この点についても検討が必要である。

6. まとめ

本論文では、認知地図の構成過程において重要な役割を持つと考えられる「熟知性」と「ランドマーク」の両方に着目した地点把握度認識手法を提案した。「ランドマーク」を地点把握度認識に用いることの有効性を確認するために、「熟知性」にのみ着目した従来手法との比較を行ったが両手法の認識結果に相違は確認できなかった。これは、評価に用いた走行データがドライバにとって馴染みのある、普段生活で利用している地点のものであり、被験者が利用する主要な領域は一週間という期間で「よく把握している」

と認識されてしまったためである。また、被験者があまり利用しない領域においては認知されやすいと考えられるランドマークがなく、「ランドマーク」に着目することによる影響はなかった。

今後は、ドライバにとって馴染みのない地点における評価を行う必要がある。また、ランドマークの密度や地域的特徴を考慮したランドマークの選択を行うように提案手法の改善を行う必要がある。

参考文献

- [1] Warren, D. H.: Self-Localization on Plan and Oblique Maps, *Environment and Behavior*, Vol. 26, No. 1, pp. 71–98 (1994).
- [2] Google: Google Maps, <https://www.google.co.jp/maps/> (accessed 2016/5).
- [3] NTT DOCOMO: <https://www.nttdocomo.co.jp/service/imadoco/> (accessed 2016/5).
- [4] Matsuyama, S., Yamabe, T. and Kiyohara, R.: On-Vehicle Information Devices Based On User's Context, *Proc. of The 39th Annual International Computers, Software and Applications Conference*, Vol. 2, pp. 601–606 (2015).
- [5] Matsuyama, S., Yamabe, T., Nakayama, Y. and Kiyohara, R.: A Method for Recognizing Driver's Location Context with a Vehicle Information Device, *Proc. of The 30th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, pp. 704–710 (2016).
- [6] Siegel, A. W. and White, S. H.: The development of spatial representations of large-scale environments, *Advances in Child Development and Behavior*, Vol. 10, pp. 9–55 (1975).
- [7] 新垣紀子：なぜ人は道に迷うのか?: 一度訪れた目的地に再度訪れる場面での認知プロセスの特徴, *認知科学*, Vol. 5, No. 4, pp. 108–121 (1998).
- [8] Tolman, E. C.: Cognitive maps in rats and men, *The Psychological Review*, Vol. 55, No. 4, pp. 189–208 (1948).
- [9] Lynch, K.(ed.): *The Image of the City*, The MIT Press (1960).
- [10] Shemyakin, F.: Orientation in space, *Psychological Science in the USSR*, Vol. 1, pp. 186–225 (1962).
- [11] Appleyard, D. A.: Styles and methods of structuring a city, *Environment and Behavior*, Vol. 2, pp. 100–116 (1970).
- [12] 井原成男, 庄司順一：児童の認知地図 Cognitive Map の発達 (I), *日本教育心理学会総会発表論文集*, Vol. 22, pp. 250–251 (1980).
- [13] 藤井憲作, 杉山和弘：携帯端末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. 2394–2403 (2000).
- [14] Google: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/places/> (accessed 2016/5).