

認知地図の構築過程に着目したドライバの地点把握度認識手法の提案と評価

松山 聖路^{1,a)} 徳永 雄一² 清原 良三^{3,b)}

概要: 車載情報端末の持つアプリケーションの切り替えタスクは視線逸脱や運転姿勢の崩れによる事故の要因となってしまうため安全面に課題がある。また、安全面を考慮して信号待ちなどの停止中に端末の操作を行おうとすると、その時間は短く、最後まで操作を終えることができない可能性があり、ユーザビリティの面にも課題がある。そこで我々はこれらの課題の解決を目指し、運転中のコンテキストを活用した車載情報端末の操作性向上について研究を行ってきた。認識された運転中のコンテキストからドライバの所望するアプリケーションを推測して推薦することで、端末の操作数と操作時間が削減でき、安全面とユーザビリティ面の課題の改善が期待できる。そこで運転中のコンテキストの中でもユーザの所望するアプリケーションを推測する際に大きな役割を持つと考えられる地点把握度を認識する手法について研究を行っている。本論文では認知地図の構築過程に着目し、スマートフォンを用いて取得できる情報からドライバの地点把握度を認識する手法を提案する。

A Proposal and Evaluation of Method for recognizing User's Cognitive Levels of Location Focused on the Cognitive Map

SEIJI MATSUYAMA^{1,a)} YUICHI TOKUNAGA² RYOZO KIYOHARA^{3,b)}

1. はじめに

日本では多くの人々が日常的に車載情報端末を利用している。海外では地図・ナビゲーションがあまり必要のない環境であるなどの理由から車載情報端末の普及率は低かった。しかし、CarPlay [1] や Android Auto [2] などの登場により、スマートフォンを車載情報端末として利用するユーザが増加しており、利用可能なアプリケーションの幅も広がった。

しかし、利用可能なアプリケーションの幅が広がることは切り替えタスクの増加を意味し、車載情報端末を操作する際の視線逸脱や運転姿勢の崩れも増加するため安全面に課題がある。また、安全性を考慮して信号待ちなどの一時停止中に操作を行おうとすると操作時間が限られてしま

い、最後まで操作を終えられない可能性があるなど、ユーザビリティ面の課題もある。スマートフォンが車載情報端末として利用されることで、これらの課題の解決は今後ますます必要となる。

そこで我々はスマートフォンのセンサやインターネットから得られるデータから運転中のコンテキストを認識し、コンテキストに応じたサービスを提案することで車載情報端末の操作性を向上させるシステムを提案している [3]。この研究の概要を図 1 に示す。提案しているシステムで利用される運転中のコンテキストの中でも、ドライバが現在走行中の地点をどの程度把握しているかというコンテキストは提供するアプリケーションを決定する際に非常に有用であると考えた。

例えば、ドライバにとって馴染みのある地点で地図・ナビゲーションが必要とされることは少ないが、馴染みのない地点では必要とされることが多い。また、右左折が必要な地点の情報は要求が高いと考えられるが、その地点をドライバがよく把握しているのであれば情報の提示は必要な

¹ 神奈川工科大学大学院

² 三菱電機株式会社情報技術総合研究所

³ 神奈川工科大学

a) s1585011@cco.kanagawa-it.ac.jp

b) kiyohara@ic.kanagawa-it.ac.jp

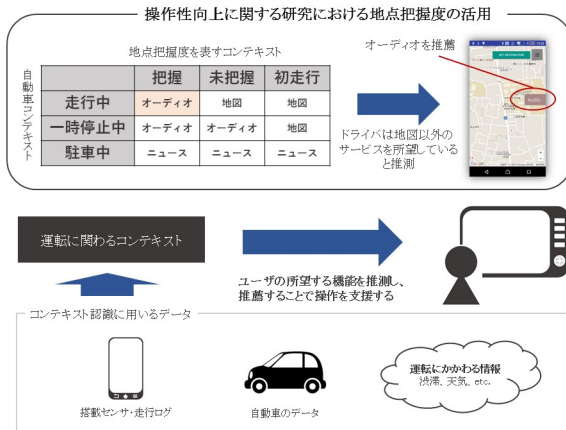


図 1 車載情報端末の操作性向上に関する研究の概要

くなり、利用中のサービスを中断する必要がなくなるなど、ユーザビリティの向上が期待できる。

そこで本論文では、ドライバーが現在走行中の地点をどの程度把握しているのかを表す地点把握度を認識する手法を提案する。提案手法は認知地図の構築過程に着目しており、その構築過程に大きな影響を与えると報告されている「熟知性」と「ランドマーク」をもとに各地点の把握ポイントを記録し、この記録から現在走行中の地点の把握度を「よく把握している」、「ある程度把握している」および「ほとんど把握していない」の3段階で判別する。

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章では提案手法の土台となっている認知地図の概要を述べ、本研究における地点把握度の定義と提案手法で用いるパラメータの検証実験について述べる。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実験について説明し、その結果と考察を述べる。第6章では本論文のまとめを述べる。

2. 関連研究

2.1 運転中のコンテキスト認識

運転中のコンテキストとして、ドライバーの眠気 [4] や疲労 [5]、周囲への警戒 [6]、安全な運転がなされているかどうか [7] など、ドライバーの状態を認識する研究が数多くなされている。また、周辺環境の認識に関する研究として歩行者 [8] や信号の変わるタイミング [9] を検知する研究、自動車の状態を認識する研究にふらつきの検知 [10] などがある。これらのコンテキストに応じた対応を行うことは安全面やユーザビリティ面の課題に対して非常に有効である。

しかし、ドライバーの状態を認識する研究は数多くなされているが、眠気や疲労を検知するものが多く、ドライバーの地点把握度を認識する手法は我々の知る限りこれまで提案されていない。

2.2 本研究の位置づけ

本研究で提案する手法は、スマートフォンで取得できる位置情報とインターネット経由で得られるランドマーク情報を用いて地点把握度を認識する。ドライバーの地点把握度は、ドライバーが所望するアプリケーションや情報を推測する際に大きな役割を持つと考えており、車載情報端末の持つ安全面やユーザビリティ面の課題改善にも有効なコンテキストである。

また、位置情報をもとにサービスを提供するLBS(Location Based Services)への関心が高まっているが、位置情報にユーザの状況・状態といった情報を付加することでサービスの向上や新しいサービスの創出が期待できる。そのため、位置情報にドライバーの地点把握度という付加価値を与えることのできる本提案手法は、関心の高まりつつあるLBSのサービス向上という点においても有用であると考えられる。

3. 認知地図の概要と地点把握度の定義

本論文で提案する手法は認知地図の構築過程に着目している。この章では認知地図の概要をまとめ、本研究における地点把握度を定義する。また、地点把握度に大きな影響を与えると考えられる「熟知性」と「ランドマーク」について行った検証実験について述べる。

3.1 認知地図

認知地図とは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、認知地図の構築過程と影響を与える要因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理解することができる。

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 [11] であると言われている。この実験は中央に餌を置いた迷路にネズミを放してしばらく自由にしたあとで、再度餌を置き、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、内面に空間のイメージを構築したと分析した。そして、この空間のイメージを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同様に持つものであると考えられ、人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。

認知地図の構築過程に関する研究によると、その構築過程には「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 [12]。「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



図 2 「ルートマップ的理解」のイメージ

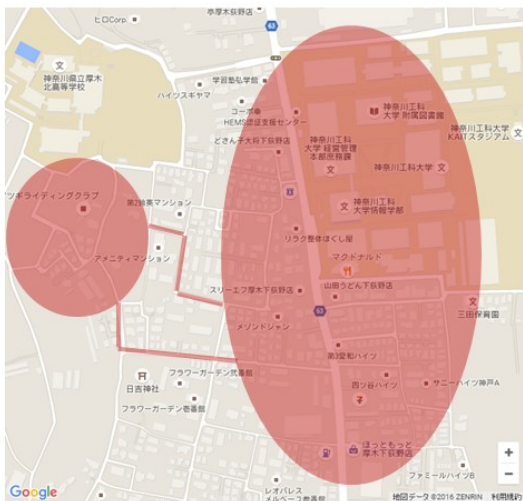


図 3 「サーヴェイマップ的理解」のイメージ

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。

認知地図の構築過程に大きな影響を与える要素として「熟知性」と「ランドマーク」の 2 つが報告されている。

「熟知性」の影響に関する研究では、馴染みのない空間を学習するときどのような要素に注目し、空間に慣れ親しむに従ってどのように空間を認知していくのかが分析されている。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意が移っていくことを報告をしている [13]。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知見である。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構築していた。この報告から、認知地図は空間の経験に比例して鮮明に構築されていくと言える。ドライバの地点把握度を認知するには空間の経験を表す要素として走行頻度を参考にすることができる。

「ランドマーク」の影響に関する研究では、認知地図構築の初期段階で記憶される [14] こと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 [15]、認知地図の構築過程においてランドマーク数が増加すること [16] などが報告されている。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際にその影響を無視することはできない。

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。

3.2 地点把握度の定義

認知地図の構築過程を基に地点把握度を定義する。本研究における地点把握度は「よく把握している」、「ある程度把握している」および「ほとんど把握していない」の 3 段階に分類され、それぞれの定義は以下の通りである。

よく把握している

認知地図の構築過程におけるサーヴェイマップ的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。

ある程度把握している

認知地図の構築過程におけるルートマップ的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

認知地図の構築過程におけるルートマップ的理解の段階であると定義する。ただし、この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。

3.3 「熟知性」と「ランドマーク」の検証

3.1 節で述べた認知地図の概要の中で「熟知性」と「ランドマーク」が認知地図の構築過程に大きな影響を与えてい

表 1 実験に使用した 2 経路の概要

ルート名	距離	走行時間	特徴
ルート A	4.8 km	12 分 20 秒	商業地域を含む.
ルート B	3.1 km	6 分 23 秒	住居地域を含む.

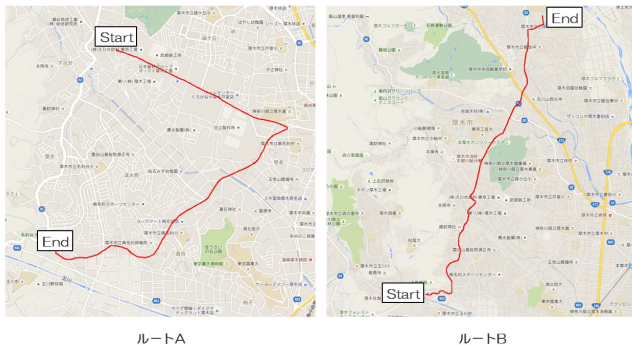


図 4 実験に使用した 2 経路の地図

るという報告を紹介した。「熟知性」は空間の経験を表すため、本論文では走行回数と置き換える。「ランドマーク」は空間を記憶する際に目印となるものである。この「熟知性」と「ランドマーク」を地点把握度認識に用いることができるかどうか検証実験を行った。

3.3.1 被験者

被験者は 20 代男性 5 名である。被験者は全員普通自動車免許を所持しており、路上での運転経験がある。

3.3.2 実験に使用した材料

2 つの経路を周囲が明るい時間帯に走行し、撮影した映像を用いて実験を行った。走行映像の撮影にはドライブレコーダを使用し、同時に GPS を用いて位置情報も取得した。ルート A は都市計画法に基づいて商業地域に指定されている地域を含み、ルート B は住居地域に指定されている地域を含んでいる。これにより、異なる特徴をもつ地域において 2 つの要素が有効であるかどうか検証を行った。両経路の概要を表 1、地図を図 4 に示す。

3.3.3 実験手順

各被験者は以下の手順に従い実験を行った。

(1) 走行映像の視聴

PC 上で走行映像を再生し、走行中の風景などを観察してもらおう。

(2) 記憶しているランドマークの抽出

観察した走行映像の中で記憶しているランドマークを列挙してもらおう。

(3) 場面の記憶確認

走行映像の中からランダムに場面を選択して提示する。被験者には提示された場面を記憶しているかどうか報告してもらおう。

(4) (1) から (3) を繰り返す

上記の手順を 5 回繰り返し走行回数の増加とした。

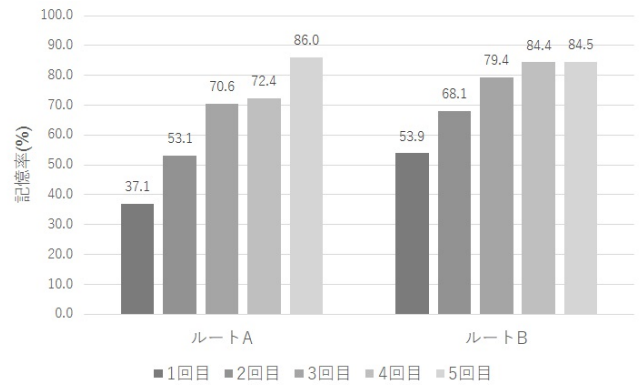


図 5 走行映像の確認回数と場面の記憶率

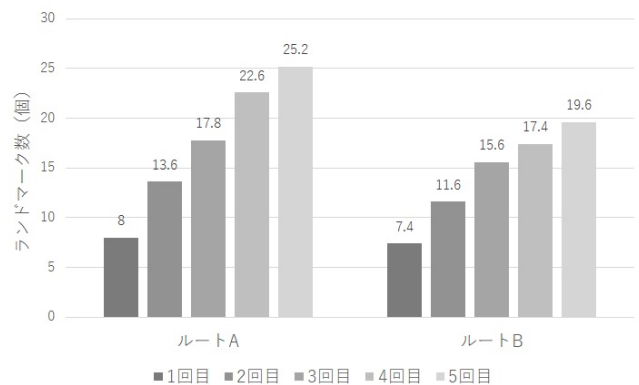


図 6 走行映像の確認回数と列挙されたランドマーク数

3.3.4 実験結果

場面の記憶確認の結果を図 5 に示す。これは各ルートにおける場面の記憶率を走行回数ごとにまとめたもので、値は全被験者の平均値である。どちらのルートも走行映像の視聴回数を重ねるごとに場面の記憶率が上昇しており、走行回数を地点把握度認識に用いることが有効であると確認できた。

記憶しているランドマークの抽出結果を図 6 に示す。これは各ルートにおいて抽出されたランドマーク数を走行回数ごとにまとめたもので、値は全被験者の平均値である。どちらのルートも走行映像の視聴回数を重ねるごとにランドマーク数が増加する報告 [16] と一致する。この結果から、ランドマークを地点把握度認識に用いることが有効であると確認できた。

4. 提案手法

前章で述べた認知地図の構築過程と影響を与える要素に基づいた地点把握度認識手法を提案する。

4.1 提案手法の概要

提案手法の概要を図 7 に示す。

本提案手法はスマートフォンが車載情報端末として利用されることを前提としているため、スマートフォンを用い

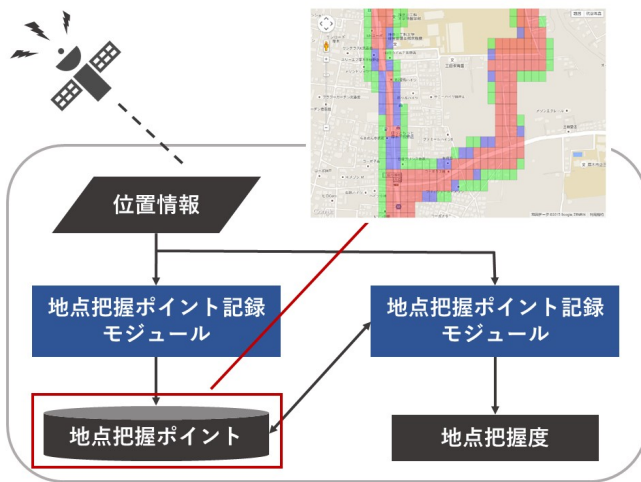


図 7 提案手法の概要

て得られるデータから地点把握度を認識する手法とした。本提案手法で用いるデータは GPS を用いて得られる位置情報と Google が提供する Place Library [17] を用いて得られるランドマーク情報である。

提案手法は地点把握ポイント記録モジュールと地点把握度認識モジュールによって構成されている。走行するごとに各地点に把握ポイントが記録され、その記録をもとに地点把握度の認識を行う。

4.2 地点把握ポイント記録モジュール

地点把握ポイント記録モジュールは「熟知性」と「ランドマーク」の影響を考慮して各地点の把握ポイントを計算し、記録する。

地点把握ポイント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）に記録される。記録は 3×3 マスのフィルタを用いて行い、すでに記録されている過去の値に新しく走行した際のポイントを加算する。過去に走行した記録のない地点は 0 ポイントとして扱う。フィルタはドライバーが周囲へ向ける注意を考慮して、1) ドライバの位置（中心のマス）、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した値とした。新しく記録されるポイントは「熟知性」と「ランドマーク」の影響を考慮した値となる。

本論文では「熟知性」を走行回数と置き換えているため、新しく走行するごとに行われる記録によって「熟知性」の影響を反映している。

4.2.1 「ランドマーク」の影響

「ランドマーク」の影響はポイントを記録する際に用いるフィルタの値をランドマークの有無に応じて変更することで反映させる。フィルタ値のイメージを図 8 に示す。

ランドマークがフィルタの適応範囲に存在する場合、ランドマークが存在するマスの値にランドマークの重みを掛ける。この重みはランドマークの認知しやすさを考慮した

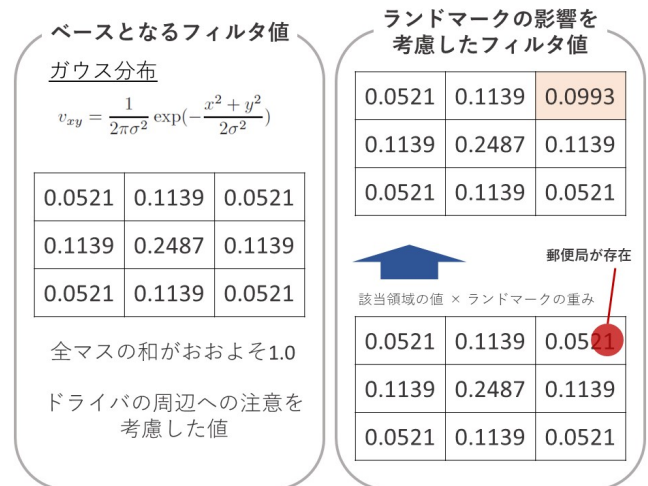


図 8 ランドマークの影響を反映したフィルタ値の決定

表 2 本提案手法で用いるランドマーク

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

値である。ランドマークの認知し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が、本論文ではランドマークの種類に着目して重みを決定した。

藤井ら [18] 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。案内地図に利用されるランドマークは広く一般に認知されるものが採用されており、このランドマークを用いることによって汎用な重みとなる。

そこで本論文では、この調査結果を参考にランドマークの決定と重みづけを行った。本提案手法で用いるランドマークとその重みを表 2 に示す。ランドマークの重みは出現頻度を 1.0 から 2.0 の範囲となるように正規化したものである。

4.3 地点把握度認識モジュール

地点把握度認識モジュールは記録されている地点把握ポイントから現在走行中の地点の把握度を認識する。

地点把握度は地点把握ポイントとあらかじめ定義した閾値とを比較して認識される。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」はそれ以下の走行回数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回数を乗算したものである。

表 3 評価実験に使用したルートの概要

ルート名	距離	走行時間	右左折数
ルート A	3.2 km	6 分 13 秒	3 回
ルート B	1.7 km	5 分 03 秒	4 回
ルート C	2.7 km	8 分 23 秒	6 回

5. 評価と考察

5.1 評価実験

本実験の目的は提案手法によって認識された地点把握度が実際の地点把握度と比べた際にどの程度の正解率を持つのかを確認することである。

5.1.1 被験者

被験者は 20 代男性 8 名である。被験者は全員普通自動車免許を所持しており、路上での運転経験がある。

5.1.2 実験に使用した材料

3.3 節で述べた確認実験と同じ環境で撮影した 3 つの異なるルートを用意し、実験を行った。各ルートの概要を表 3 に示す。全ルートが被験者にとって初見のルートである。

5.1.3 実験手順

3.3 節で述べた確認実験の手順に 2 場面の前後関係確認を加えた手順で実験を行った。手順 (3) と (4) の結果から得られた正解データと提案手法によって認識された地点把握度とを比較する。評価実験の手順は以下の通りである。

- (1) 走行映像の視聴
- (2) 記憶しているランドマークの抽出
- (3) 場面の記憶確認

提示された場面を被験者が記憶している場合、その地点は被験者にとって「ほとんど把握していない」地点ではないものとする。画像の提示は走行映像の長さに応じて複数回行う。

(4) 2 場面の前後関係確認

場面の記憶確認で記憶にあると報告された場面の中から 2 つをランダムに選択して提示する。被験者には提示された 2 つの場面のどちらを先に通過したかを報告してもらう。2 つの場面の前後関係が正しく把握できている場合、その地点は被験者にとって「よく把握している」地点であるとし、正しく把握できていない場合は「ある程度把握している」地点であるとする。

(5) (1) から (4) を繰り返す

上記の手順を 5 回行い、走行回数の増加とした。

5.2 結果と考察

5.2.1 提案手法が認識した地点把握度の正解率

図 9 に各ルートにおける正解率を示す。値は全被験者の平均値である。

実験で使用したルートは走行距離に最大 1.5km、走行時間に最大 3 分 20 秒の違いがあり、右左折数もそれぞれ異

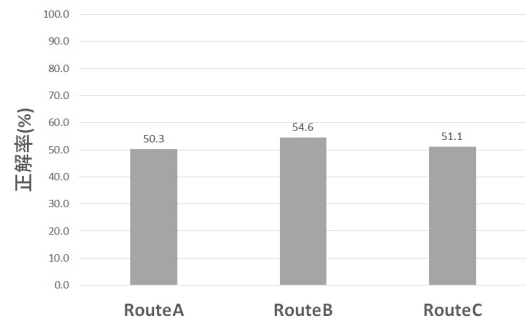


図 9 ルートごとの正解率

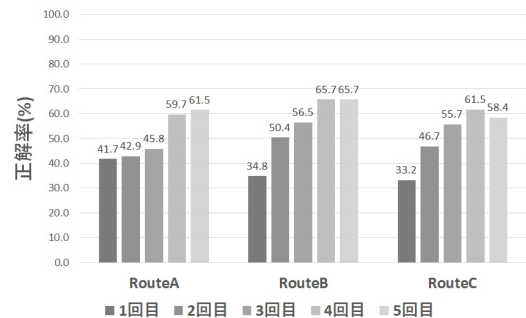


図 10 走行回数ごとの正解率

なるが、正解率はどのルートも 50% 前後となった。提案手法ではルートの特徴や走行時間、走行距離による偏りのない認識がなされている。

5.2.2 「熟知性」の影響

図 10 に各走行回数における正解率を示す。これは各走行回数における正解率をルートごとにまとめたもので、値は全被験者の平均値である。

どのルートも走行映像の視聴回数が増加するにしたがって正解率が上昇している。初回視聴時には多くの地点が「ほとんど把握していない」と認識されたが、正解データには「ある程度把握している」が多く存在し、正解率が低くなった。視聴回数が増加するにしたがって正解データと不一致になっていた「ある程度把握している」が一致するようになり、5 回目の視聴時には正解率が高くなった。

提案手法では走行回数による正解率のばらつきがないほうが望ましいため、改善が必要がある。

5.2.3 「ランドマーク」の影響

図 11 に被験者が記憶していたランドマーク付近の地点把握度を可視化したものの一例を示す。これは、ルート C の走行映像を 2 度目に視聴した後、提案手法によって出力されたものである。緑のマスが「ほとんど把握していない」、青のマスが「ある程度把握している」、赤のマスが「よく把握している」に該当するマスである。

図 11 では病院の付近の地点把握度が高く評価されていることが確認できる。しかし、走行映像で病院が視認できた位置の地点把握度は「ほとんど把握していない」と認識されており、ランドマークの影響を十分に反映できたとはい



図 11 ランドマーク付近の一例

言えない。今回は容易にランドマーク情報を収集できる Place Library を用いたが、広範囲にランドマークの影響を反映するには不向きであった。

また、ランドマークの影響を局所的にしか反映できなかったことは走行映像の視聴回数と正解率の関係にも影響していると考えられる。少ない視聴回数であっても強い印象を与えるランドマークが視認できる地点の把握度は高くなると考えられるが、今回のランドマーク情報ではその影響を反映できず、視聴回数によるばらつきの一因となってしまった。

ドライバの視点と同じランドマーク情報を取得する案としてカメラを用いたランドマークの検出が考えられる。これにより、ドライバの視点に近いランドマーク情報を取得することが可能であり、ランドマークの与える影響が強化され、走行回数による正解率のばらつきが少なくなり、全体の正解率が向上するのではないかと考えられる。カメラによるランドマーク情報の取得は今後の取り組みとする。

6. まとめ

本論文では、自動車を運転するドライバが現在走行している地点をどの程度把握しているのかを表す地点把握度を認識する手法を提案した。提案手法は認知地図の構築過程に着目し、構築に大きな影響を与えると報告されている「熟知性」と「ランドマーク」を考慮した地点把握ポイントの記録をもとに地点把握度を認識する。

評価実験により、提案手法は特徴の異なるルートにおいても同程度の正解率を得られることが確認できた。しかし、今回利用したランドマーク情報は広範囲にランドマークの影響を反映させるには不向きであり、カメラを用いたランドマークの検出が向いているのではないかと考察し、今後の課題とした。この改善により、走行回数による正解率のばらつきを改善し、全体の正解率向上を期待している。

参考文献

- [1] Apple Inc.: CarPlay, <http://www.apple.com/jp/ios/carplay/> (accessed 2016/8).
- [2] Google Inc.: https://www.android.com/intl/ja_jp/auto/ (accessed 2016/8).
- [3] 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).
- [4] Han, W., Yang, Y., Huang, G.-B., Sourina, O., Klanner, F. and Denk, C.: Driver Drowsiness Detection Based on Novel Eye Openness Recognition Method and Unsupervised Feature Learning, *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2015 IEEE International Conference on*, pp. 1470–1475 (2015).
- [5] Yang, G., Lin, Y. and Bhattacharya, P.: A Driver Fatigue Recognition Model Based on Information Fusion and Dynamic Bayesian Network, *Special Issue on Intelligent Distributed Information Systems*, Vol. 180, p. 19421954 (2010).
- [6] Ji, Q. and Yang, X.: Real-Time Eye, Gaze, and Face Pose Tracking for Monitoring Driver Vigilance, *Real-Time Imaging*, Vol. 8, pp. 357–377 (2002).
- [7] Lee, B.-G. and Chung, W.-Y.: A Smartphone-Based Driver Safety Monitoring System Using Data Fusion, *Sensors*, Vol. 12, pp. 17536–17552 (2012).
- [8] Geronimo, D., Lopez, A. M., Sappa, A. D. and Graf, T.: Survey of Pedestrian Detection for Advanced Driver Assistance Systems, *Real-Time Imaging*, Vol. 32, pp. 1239 – 1258 (2010).
- [9] Emmanouil, K., Li-Shiuan, P. and Rose, M. M.: Signal-Guru: Leveraging mobile phones for collaborative traffic signal schedule advisory, *Proceedings of the 9th international conference on Mobile systems, applications, and services (MobiSys '11)*, pp. 127–140 (2011).
- [10] 隅田康明, 林 政喜, 合志和晃, 松永勝也: 簡易運転行動測定装置によるふらつき運転評価, *情報処理学会論文誌*, Vol. 57, No. 1, pp. 79–88 (2016).
- [11] Tolman, E. C.: Cognitive maps in rats and men, *The Psychological Review*, Vol. 55, No. 4, pp. 189–208 (1948).
- [12] Shemyakin, F.: Orientation in space, *Psychological Science in the USSR*, Vol. 1, pp. 186–225 (1962).
- [13] Appleyard, D. A.: Styles and methods of structuring a city, *Environment and Behavior*, Vol. 2, pp. 100–116 (1970).
- [14] 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).
- [15] 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).
- [16] 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).
- [17] Google Inc.: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/places/> (accessed 2016/8).
- [18] 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).