

カーナビゲーションシステムにおける 指示手法の研究

相馬郁矢^{†1} 村田嘉利^{†2} 鈴木彰真^{†2} 佐藤永欣^{†2}

概要：近年、自動車へのカーナビ搭載率やスマートフォンの所持率の向上に伴い、ナビゲーションシステムの案内に基づいて運転する機会が増えている。その際、運転者がナビゲーションシステムによる指示だけで正しい経路を判断できず、道を間違える、もしくは急ハンドルを切るといった危険運転になることが、少なからず発生している。そこで本研究では、運転者が認識する距離精度について実験的に明らかにし、その結果をもとに案内精度と安全性を両立させる指示手法の考案を行った。本稿では、明らかになった認識精度と、考案した新たな指示手法とその評価結果を報告する。

キーワード：カーナビゲーション、距離感覚、右左折通知、行動分析

1. はじめに

近年、自動車へのカーナビ搭載率の向上や、スマートフォンの急速な普及に伴い、不慣れな土地に行く際、ナビゲーションシステムの案内に基づいて運転する機会が増えている。大手保険会社のソニー損害保険株式会社が2015年にインターネットリサーチで実施したカーライフの実態に関する調査[1]では、主に運転している車にカーナビを搭載している人の割合は66.9%、また、カーナビを搭載予定の人の割合は8.9%となっており、カーナビを搭載もしくは搭載予定の人の割合は75.8%と全体の4分の3以上になっている。また、モバイルに特化した調査研究機関のモバイルマーケティングデータ研究所が2015年にインターネットリサーチで実施した調査[2]では、車を運転して移動する際に利用したことのあるスマートフォンの機能で最も多かったのは「地図・ナビゲーション」で、69.3%の利用経験率となっている。これらの調査結果から、多くの人が車で移動時にナビゲーションシステムを利用しており、経路案内を基にした走行が増加していると考えられる。

その際、運転者がナビによる指示だけで正しい経路を判断できず、道を間違える事が少なからず発生している。特に、現状の案内の主流である「〇〇m先を右折してください」といった距離を伝える指示では、運転者が距離感を掴めず、本来の交差点より手前の交差点で曲がってしまう、あるいは目標の交差点を通過してしまうことがある。対策として車載用カーナビメーカー各社は、俯瞰地図や3Dポリゴンで交差点形状を表示する、目標交差点の直前で再度指

示を行う等の機能を提供している。電機メーカー大手のパナソニックは、展開するカーナビブランド「Strada」において、目立つ建物を3Dモデル化してランドマークとして表示する案内を実現している[3]。国内社外カーナビ最大手のパイオニアは、展開するカーナビブランド「carrozzeria」において、車載カメラで進行方向の映像を取り込みARで情報を重ね合わせて表示する機能を備えている[4]。しかしこれらの機能では、画面を注視する必要があり、よそ見に繋がる、あるいは、指示に合わせて急ハンドルを切るといった、危険運転を誘発してしまうことがある。また、いずれも建物のデータが用意されている場所であることや必要設備が搭載されていることを前提としており、問題の根本的解決につながるものではない。

本研究では、運転者が認識する走行中の距離や時間経過に対する感覚と、実際の距離や時間経過との差異について実験的に調査し、その結果を基に安全かつ指示通りに正しく行動できる新たな指示手法について考案し、評価した。調査の結果、運転者の距離感覚は、100mを越えると認識精度が急激に低下し、また個人差が大きいことが分かった。よって、目標とする交差点や停止位置から100m以内に入った時点で再度案内すべきであることが分かった。しかし、単に直前で再度指示を行うだけでは、急停止や急ハンドルといった危険運転を引き起こしやすいことが分かった。一方で、指示を細かく詳細に増やした場合でも、過度なガイドとなり運転者の集中力を妨げてしまうことが分かった。そこで、100m以内に入った時点で、運転者に対して危険運転を誘発することなく、かつ誤りの少ない案内方法について検討を行い、各

^{†1} 岩手県立大学大学院
graduate school, Iwate Prefectural University

^{†2} 岩手県立大学
Iwate Prefectural University

案について実験的に評価した。その結果、本来ウィンカーを掲示すべき位置である右左折の 30m 手前になってもウィンカーが掲示されていない場合に、ウィンカーの掲示を促す方式が優れていることが分かった。

本論文では、第 2 章で先行研究及び関連研究について述べる。第 3 章及び第 4 章で運転者の感覚の調査とその結果について、第 5 章では調査結果を基に考案した新たな指示方法と、その実証結果について述べる。第 6 章において本研究の結論と今後の展望について述べる。

2. 関連研究

先行研究として筆者らは、道路周辺の風景が運転者の距離感覚へ与える影響[5]について調査を行ってきた。ドライビングシミュレータ、及び実車を用いた走行実験の結果、運転者は道路周辺の風景の影響を受け、距離感覚の掴みやすさが変化することが分かった。さらに、樹木や街灯といった事物が全くない風景と比べると、複数の事物が配置された多様な風景の道路の方が距離感覚を掴みやすいことが分かった。

運転者の感覚に対して実験的に調査した研究として、「ドライバの体感速度変化を促すバーチャルパターン[6]」がある。この研究では、運転者の視覚情報への働きかけを行い、体感速度の変化を促すことが出来るバーチャルパターンについて提案している。光学シースルーディスプレイを用いて風景上にバーチャルパターンを重ねることで、体感速度抑制について実験的に評価し、その有効性について検証している。シミュレーション実験と実車両実験の双方で、体感速度変化の有効性が確認されたとしている。この実験結果から、運転者の感覚は視覚情報の影響を受け、その影響の度合いはパターンの違いによる差があることが分かったとしている。

道路の表示がもたらす影響について実験的調査を行った研究として、「カーブ手前の路面側面表示の配列パターンが運転者の速度認識に及ぼす影響の実験研究[7]」がある。この研究では、カーブ手前に設置した路面及び側面表示がもたらす減速効果と、その配列パターンによる効果の差を明らかにすることを目的としている。シミュレータを用いた実験、及びそれを通じての配列パターンの効果の検証について述べている。この調査結果から、カーブとその手前に限定して、車速の過小認識をもたらす配列パターンが存在するとしている。

これらの研究成果から、実際の道路走行時にも場所による風景の違いによって、運転者の距離感覚に変化が生じていると考えられる。このことから、現状

の主流である距離を伝える指示では、運転者の距離感覚と実際の距離との差異によって指示通りに運転できない事態が発生すると考えられる。これに対して本研究では、走行中の運転者が認識する距離間隔について実験的調査を行い、指示があっても道を間違えてしまう原因を明らかにする。また、その結果を基に安全かつ高い精度で指示に従う指示方法について考案した。

3. 運転者の距離・時間感覚の調査

3.1 調査の目的

第 1 章で述べた通り、現在のカーナビによる指示方法では経路を正しく判断できず、道を間違えてしまうことがある。現状の指示で主流となっているものとして、「○○m 先」のように距離によって行う方法、目標交差点の直前で「ここです」のようにタイミングで行う方法、目立つ建物や店舗をランドマークとして行う方法の 3 つがある。目印となるような建造物があることを前提とした、ランドマークを利用した指示を除くと、一般的に用いられる指示は運転者の距離感覚を利用したものである。よって、カーナビによる補助を受けても、運転者の感覚と実際の距離の乖離が大きいと、道を間違えてしまうことになる。そこで、道路走行時における運転者の距離感覚が、実際の値と比べてどの程度乖離しているのか。さらに、その個人差はどの程度なのかについて走行実験を行い明らかにした。また、運転者に伝える情報として、目的地点までの距離だけではなく予想時間を用いることが可能と考えられることから、時間を利用した指示の可能性についても併せて調査した。

3.2 実験方法

実験は、岩手県立大学滝沢キャンパス構内の道路で行った。当該道路は全長 1.4km の環状路となっており、直線や緩やかな曲線、カーブなどが混在している。コースを図 1 に示す。車両は大学で保有する公用車（トヨタ・ノア）を用いて行った。被験者は、運転



図 1 実験で使ったコース

免許を持っている 20 人で実施した。さらに、運転自体に緊張し普段通りの感覚でなくなってしまうことを防ぐため、被験者は日常的に運転を行っている者に限定した。距離については、走行中の被験者に任意の距離を指示し、その距離と思われる地点で停止してもらい、指示地点から停止地点の間の距離を記録することで計測した。時間については、走行中の被験者に任意の時間を指示し、その時間が経過したと思われる時点で告知してもらい、経過時間を記録することで計測した。測定を行う距離は 100m, 300m, 500m の 3 種類、時間は 10 秒, 20 秒, 30 秒の 3 種類に設定した。被験者には、実験を行う前にコースを慣らし走行してもらい、その際に正確な距離及び時間の教示を行った上で、実際の実験と同じ形式で 1 回練習を行った。

3.3 実験結果と考察

3.3.1 距離感覚

実験結果の平均値と平均誤差、及び標準偏差を表 1 に、それぞれの距離における度数分布を図 2 から図 4 に示す。平均は被験者の停止距離の平均値、誤差平均は停止距離と実距離の差の絶対値の平均値、標準偏差は被験者の停止距離の標準偏差を表しており、被験者全員の全ての走行データ合計 60 件から算出している。実距離に比べ停止距離を過大認識している人と過小認識している人がどちらも同程度存在していたため、どの距離に関しても停止距離の平均値と実距離に大きな乖離はない。しかし誤差平均で見た場合には、100m 指示では 41m, 300m 指示では 82m, 500m 指示では 120m と、実距離との乖離が大きく、さらに指示距離が増えるほど増大していることが分かる。同様に標準偏差についても、100m 指示で約 40m, 300m 指示で約 90m, 500m 指示で約 120m と、距離感覚の個人差によるばらつきが大きく、指示距離が増えるほど増大していることが分かる。度数分布を見てもデータが広範囲に広がっていることが分かり、分布に法則性は見られない。このことから、100m 以上の長い距離で指示を行っても無駄と考えられる。

3.3.2 時間感覚

実験結果の平均値と平均誤差、及び標準偏差を表 2 に、それぞれの時間における度数分布を図 5 から 7 に示す。平均は被験者の告知時間の平均値、誤差平均は告知時間と実時間の差の絶対値の平均値、標準偏差は被験者の告知時間の標準偏差を表しており、被験者全員の全ての走行データ合計 60 件から算出している。10 秒指示では 1.25 秒, 20 秒指示では 2.6 秒, 30 秒指示では 3.29 秒と、どの指示時間に関しても誤差の平均は実時間の 15%以内に収まっており、距離感覚と比べて実際の値との乖離が少ないと分かる。距

表 1 各指示距離の計測結果

	100m 指示	300m 指示	500m 指示
平均	138m	327m	527m
誤差平均	41m	82m	120m
標準偏差	38.7	91.3	121.6

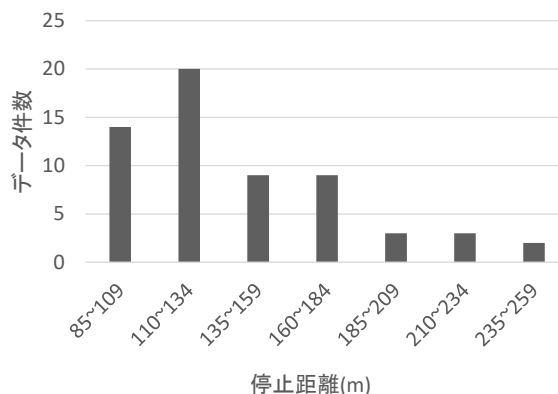


図 2 100m に対する走行データの度数分布

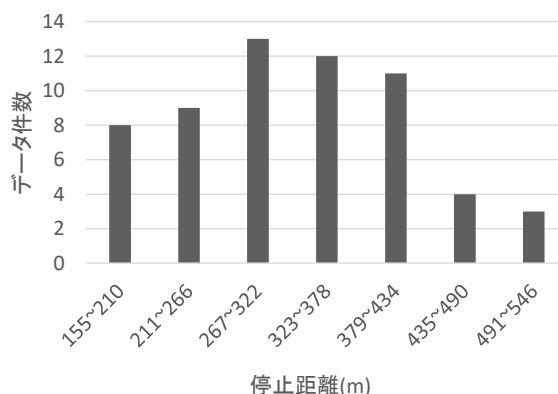


図 3 300m に対する走行データの度数分布

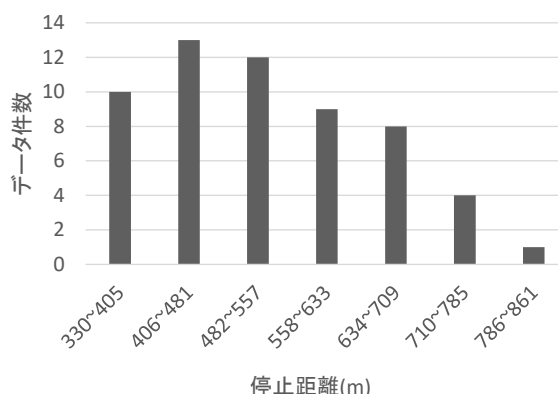


図 4 500m に対する走行データの度数分布

離感覚と時間感覚で単純な比較を行うことは出来ないが、指示が 10 秒の場合の誤差平均は 1.25 秒となっており、これは時速 60km での走行の場合 20m 程度の誤差となる。よって、状況によっては距離よりも高精度で位置の通達が可能であると考えられる。また、

表 2 各指示時間の計測結果

	10 秒指示	20 秒指示	30 秒指示
平均	10.8 秒	21.9 秒	32.5 秒
誤差平均	1.25 秒	2.6 秒	3.29 秒
標準偏差	1.44	2.56	3.17

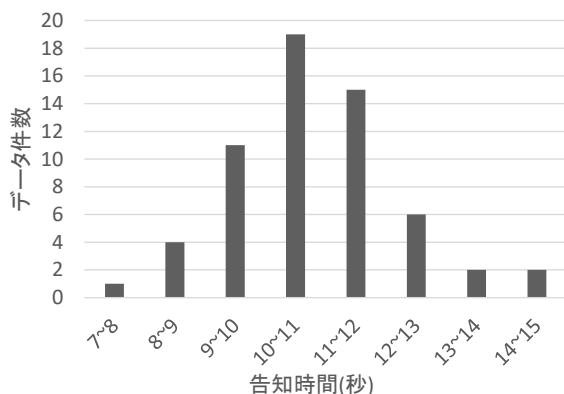


図 5 10 秒走行データの度数分布

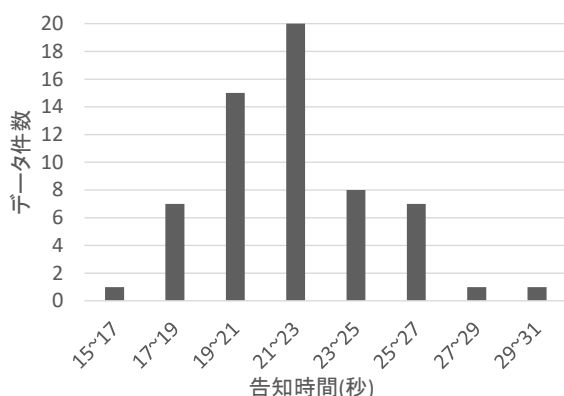


図 6 20 秒走行データの度数分布

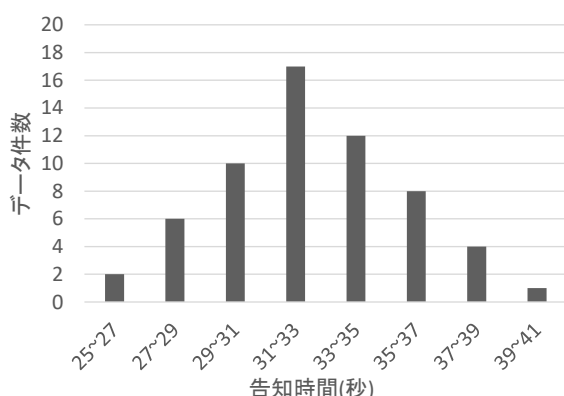


図 7 30 秒走行データの度数分布

標準偏差も実時間の 15%以内に収まっており、度数分布から一定範囲に大半のデータが集まっていることも分かる。よって、同じ時間を指示した場合に多くの人が同じ時間を認識する可能性が大きい。これらの結果から、時間による目的地の案内が可能と考え

られたため、実験により評価を行った。目標の交差点から任意の距離だけ手前の地点で、現在の车速から交差点までの予想時間を算出し、その時間による指示を行い正しく到達できるかどうかについて実験的に調査した。結果として、走行中の速度はカーブや対向車両といった要素で大きく変化し、また目標交差点の直前では減速が必要なため、時間による指示では高い精度で正しい交差点に案内することが難しかった。ただし、高速道路のような速度変化が少なく直線の多い道路で、インターチェンジの入口を示す案内といった場面には有用と考えている。

4. 交差点を選択する精度の調査

4.1 調査の目的

第 3 章の実験結果より、走行中の運転者の持つ距離感覚が明らかになった。しかし、実際の運転中に考えられる状況としては、指示された距離を走行後に、その付近で該当すると考えられる交差点を選択し進入する、というものが一般的である。そこで、目的地 100m 手前から距離による指示を行った際に、正しい交差点を選択できる割合について実験的に調査した。

4.2 実験方法

実験は、岩手県立大学滝沢キャンパス構内の道路に、図 8 に示すようなカラーコーンを用いた仮想の交差点を配置したコースを作成し実施した。実際の道路における交差点の配置が最短で 20m 程度の間隔であることから、実験コースにおける仮想交差点の配置については、図 9 に示すように 20m 間隔とした。車両は研究室で保有する実験用車両（日産・マーチ）を用いて行った。実験用車両を図 10 に示す。当該実験用車両は助手席に補助ブレーキが設置されており、実験に際して危険回避が必要な場合に補助者が車を停止可能となっている。被験者は、運転免許を持っており、日常的に運転を行っている 7 人で実施した。走行中の被験者が、目標とする交差点の 100m 手前に達した時点で、「100m」と簡潔に指示を行い、正しい交



図 8 カラーコーンで作成した交差点

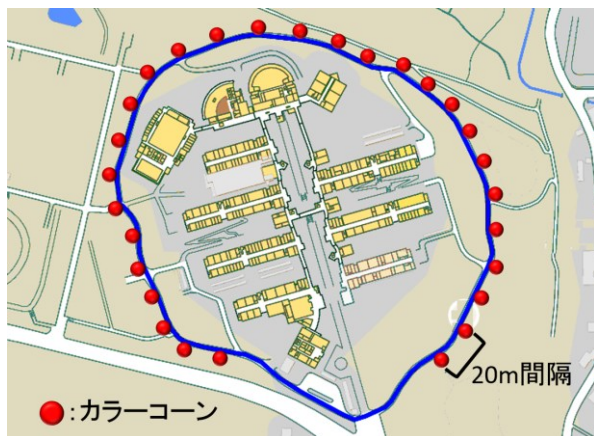


図 9 実験に使用したコース



図 10 実験用車両

差点を選択できたかどうかを記録した。交差点の選択は、コースの広さの関係から右左折は行わず、目標と思われる交差点に幅寄せして停車する形で実施した。誤った交差点を選択した場合には、正しい交差点からいくつずれた交差点かを記録した。被験者には実験前に慣らし走行を行ってもらい、その際に正確な距離の通知を行った上で、実際の実験と同じ形式で1回練習を行った。

4.3 実験結果と考察

被験者全員の結果として、被験者全員の到達率の平均は62%となった。第3章の調査により、100mを認識する感覚の精度は、平均して41mの誤差があることが分かっている。よって、当該実験での62%という結果から、単純な距離感覚に比べ、距離で指示された交差点を選択する場合の方が、より実距離に近い距離感覚となることが分かった。さらに、目標の交差点まで100m以内に達してからの指示が有効である

ことも分かった。

5. 新たな指示手法の検討と評価

5.1 新たな指示手法の検討

第3章、及び第4章の実験結果から、100m以上先の交差点に対し、距離のみを用いた指示で案内を行うことは難しいと明らかになった。その一方で目標の交差点まで100m以内に達した時点で、100m先と伝えた上で交差点選択を行った場合、距離感覚から予想される精度よりも高い確率で正しい交差点を選択することが出来た。このことから、目標交差点まで残り100m以内に入ってから、確実に正しい交差点へたどり着けるよう再度案内を行うことが有効であると考えられる。そこで、目標交差点の100m手前から、高い精度で正しい交差点へ案内が可能な指示方法について考案及び評価を行った。

一つ目の指示方法として、100m以内に入ってから交差点までの残距離を音声によるカウントダウン方式で通知していく方法を考案した。現状のカーナビにおいて、目標地点まで近距離となってからの指示で主流のものとして、「右です」または「ここです」のように直前で再度通知を行うもの、画面上に目標地点までの距離をカウントダウンで表示するもの等がある。しかし、前者については、実際の距離と運転者の認識との相違により行動が間に合わないといった問題、後者については、運転中は前方に注意を払っているため参考にするのが難しいといった問題がある。また、指示通りに正しく交差点を選択できた場合でも、指示に合わせた急ハンドルとなってしまう、表示される距離を参考にしようとして画面を注視するよそ見運転となってしまう、といったように危険運転を引き起こしてしまう。そこで、交差点までの残距離を音声によりカウントダウンしていくこととした。カウントダウンで何度も残距離を通知することで、実際の距離と運転者の認識との相違を軽減出来ると考えられる。また、音声による通知を行うことで、運転者に画面を注視させることなく案内を行うことが可能である。今回の検討では、目的地の交差点まで100mの地点で「100m」と指示を行い、その後に残距離をカウントダウンで通知することで実験を行った。100mを認識する際の誤差の平均が41mであることから、カウントダウンは残距離50m地点から10m毎に行なった。

二つ目の指示方法として、ウィンカーを提示すべき地点で運転者が提示を行っていない場合に、ウィンカー提示を促す指示を行うものを考案した。ウィンカーの提示は右左折を行う際に必ず取る行動であり、掲示のタイミングに個人差があると考えられる

ものの、交差点の 30m 手前で出すことが基準とされている。運転者が実際の距離と認識との相違により正しいタイミングでウィンカーを掲示していない場合、ウィンカーの掲示を促すことで、運転者に右左折のポイントを伝え目標の交差点へ案内出来るのではと考えた。

これら二つの新たな指示方法について、単純な距離のみの指示とともに評価実験を行い、正しい交差点への到達精度について比較を行った。

5.2 実験方法

実験は、岩手県立大学滝沢キャンパス構内の道路に、第 4 章の実験と同じくカラーコーンを用いて仮想の交差点を配置したコースを作成し、行った。車両は研究室で保有する実験用車両（日産・マーチ）を用いた。運転免許を持っており、日常的に運転を行っている 12 人の被験者に、3 種類の指示方法を各方法 3 回ずつの計 9 回で実施した。走行中の被験者が、目標とする交差点の 100m 手前に達した時点で、各指示方法を行い、正しい交差点を選択できたかどうかを記録した。被験者には実験前に慣らし走行を行ってもらい、その際に正確な距離の通知を行った上で、各指示方法について実際と同じ形式で 1 回練習を行った。

5.3 結果と考察

各指示方式の被験者毎の試行回数に対して正しく到達できた割合の平均を図 11 に示す。残距離を詳細にカウントダウン通知した場合が最も到達率が高く、90%程度の到達率となっている。残距離をカウントダウンで指示した場合には、目標交差点までの実際の距離と認識の相違が生まれにくく、結果として高い精度で正しい交差点を選択出来ることが分かった。反面、被験者に対して過度な通知となってしまうというデメリットもある。被験者へのヒアリングでも、過度な通知が注意力の低下を招く可能性があるとの指摘があった。一方で、ウィンカー提示を指示した場合も 90%弱と、カウントダウンによる通知を行った場合と大きな差はない高い到達率となった。カウ

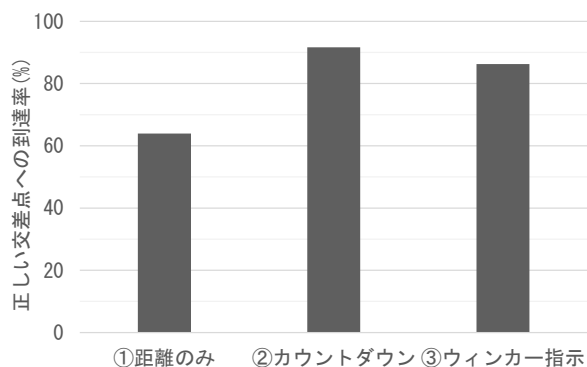


図 11 各指示方式の到達率の平均

トダウンによる指示を行う場合と比べ、ウィンカーの提示を促す指示のみとなるため、過度な通知を行うことなく高い精度を出すことが可能だと分かった。今回の被験者に関してウィンカー指示を行った場合に誤った交差点を選択した事例は、全て目的地より手前となっていることから、通り過ぎに関しては高い精度で抑制出来ると考えられる。手前で曲がってしまう誤りの抑制について対策を取れば、さらに精度を上げることも可能と予想できる。さらに、ウィンカーの提示を促すことで後続車へ右左折の意思を伝えることが出来ることから、認識の相違による急ハンドルといった危険運転を抑制することが出来る。以上の結果から、ウィンカーの掲示を促す指示に優位性があると考えている。

6. まとめ

本論文では、運転者がカーナビの指示下で道を間違えてしまう原因の一つと考えられる実際の距離と走行中の距離感の乖離について実験的に調査した。また、その結果を基にした新たな運転者への指示手法を考案し、実験的に評価した。運転者が走行中に認識できる距離感覚は、100m 以上になると誤差と個人差が大きく、指示に用いるのは難しかった。そこで、100m 以内に入ってから再指示を行う方法について考案し、実験的に評価した。その結果、ウィンカーを出すべき位置を通知した場合に、ウィンカーを掲示するように指示する方法が、過度に案内をすることなく高い精度を出すことができた。この方法は、後続車に対して右左折することを指示することから、危険運転の回避にもつながると考えている。

今後は、運転者の距離感覚を用いることなく、高い精度で案内が可能な手法について研究を行う予定である。具体的には、車載カメラによる映像と、道路映像取得サービスを連携した、画像処理によるルートの認識手法を考案している。

参考文献

- [1] “ソニー損保、「2015 年 全国カーライフ実態調査」 | リサーチレポート | トピックス | 自動車保険ならソニー損保におまかせ！”, http://from.sonysonpo.co.jp/topics/pr/2015/11/20151105_01.html, (最終参照日：2018-07-22)
- [2] “車とスマートフォンに関する調査”, https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1431.html, (最終参照日：2018-07-22)
- [3] “ナビゲーション | F1D カーナビ Strada[ストラーダ]F1シリーズ | Panasonic”, <http://panasonic.jp/car/navi/products/F1D/navi/>, (最終参照日：2018-07-22)
- [4] “サイバーナビ | カーナビ・カーAV(carrozzeria) | パイオニ

ア株式会社” ,
<http://jpn.pioneer/ja/carrozzeria/carnavi/cybernavi/>, (最終参照
日 : 2018-07-22)

- [5] 相馬 郁矢, 鈴木 彰真, 佐藤 永欣, 村田 嘉利. 道路脇の景色
が与える距離感への影響に関する考察. 第 79 回全国大会講
演論文集. 2017, 号 1, p.207-208.
- [6] 東井 隼斗, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一. ドライバの体感
速度変化を促すバーチャルパターン. 電子情報通信学会論文
誌 D. Vol.J99-D, No.1, p.45-55.
- [7] 四辻 裕文, 松本 猛秀, 米村 圭一郎, 喜多 秀行. カーブ手前
の路面側面表示の配列パターンが運転者の速度認識に及ぼす
影響の実験研究. 土木学会論文集 D3(土木計画学). Vol.
72(2016), No.5, p.I_1017-I_1028.