

ツーリングで仲間との合流を支援する 触覚フィードバックを用いたナビゲーション

小椋 恵太¹ 丸山 一貴²

Tactile Feedback Navigation to Assist Drivers with Joining Friends in Touring by Car

KEITA OGURA¹ KAZUTAKA MARUYAMA²

1. はじめに

自動車やオートバイの運転を楽しむ手段としてツーリングがある。ツーリングでは観光地など、決まった目的地まで運転することが多い。ツーリングは一人だけではなく、仲間と共に運転する楽しみを共有することもある。仲間とのツーリングでは、仲間と通話などをしながら道中の景色や出来事を共有する。複数人でのツーリングでは、以下のような原因で仲間とはぐれてしまうことがある。

- 他の車両の割り込みなどで仲間を見失う
- 交差点において、他の仲間は信号を通過したが自身は停車
- 道を間違えた

ツーリング中に仲間とはぐれた場合、先導車と同じルートを走行していれば、先導車がペースを落とすことで合流できる。しかし、道を間違えることで異なるルートを走行してしまった場合、確実に合流することは困難である。その場合、先導車は停車可能な場所で停車して後続車を待ち、後続車には先導車の待機場所を知らせる必要がある。この時、音声通話を用いることが考えられるが、不案内な地域で正確に場所を伝えるのは難しく、ナビゲーションにより後続車を誘導することが望ましい。

ツーリング中に使用する一般的なナビゲーションアプリケーションは、聴覚と視覚にフィードバックするものが多い。しかし、ツーリング中は仲間と音声通話により会話をすることも多く、はぐれた場合の聴覚によるナビゲーションは適切ではない。また、はぐれたことで運転者は心理的に焦燥感を持つため、視覚のみによるルート変更のナ

ビゲーションは安全運転の観点から望ましくないと考えられる。一方、オートバイではライダー向け触覚フィードバックシステムによるナビゲーションの評価が行われている [7]。これにより、触覚フィードバックが聴覚、視覚それぞれに対するフィードバックよりも運転に集中できることが明らかになった。

本研究は自動車でのツーリングを対象とし、仲間との合流を考慮したツーリング支援システムを実装する。合流場所の自動設定の有効性と、視覚と触覚を組み合わせたフィードバックによるナビゲーションの可能性を検証する。

2. 関連研究

本研究では、スマートフォンを用いてナビゲーションを行う。スマートフォンを用いたナビゲーションアプリとして、GoogleMap[1]、Yahoo!カーナビ [2]、ツーリングサポーター [3] がある。ツーリングサポーター [3] は、オートバイ向けツーリング支援アプリケーションである。これらのアプリケーションでは個人を対象にしており、仲間とはぐれることは想定されていない。本システムでは、GoogleMap[1] を利用しナビゲーションを行いつつ、仲間とはぐれた場合の合流を支援する。

合流を支援する研究は歩行者に対するものが多い [4][5]。曾我 [4] らのシステムでは、仲間との間で合流地点のジャンルを決め、そのジャンルへの合流地点をシステムが選定する。合流地点の選定後はそこまでのルートが表示され、ユーザーはそのルートを辿ることで合流する。本研究では、比較的短時間での合流に対し、曾我 [4] らのシステムはより長時間合流できない場合を対象とした合流である。曾我 [4] らの研究では長距離の場合、ジャンルを指定することで状況に合った合流地点を選定することができるため、より適切な合流地点を選定できる。しかし、本研究では、短

¹ 明星大学大学院 情報学研究科
Graduate School of Information Science, Meisei University
² 明星大学 情報学部
School of Information Science, Meisei University

距離での合流を対象としており、ジャンルを指定していても場所をマッチさせることが難しいため利用していない。元良 [5] らのシステムでは、スマートフォン上に表示されたコンパスによって合流を行う。コンパスは、互いに合流したい相手の方向に向くようになっており、ユーザーはその方向へ歩くことで合流できる。本研究は運転手を対象にしており道路を走行していることが前提である。この手法は仲間のいる方向が分かる反面、仲間までのルートは分からないため運転には適していない。

本システムでは、既存の研究 [6][7][9] と同様に振動モーターを用いた触覚フィードバックを行う。鈴木ら [6] は、自動車用の触覚フィードバックを行うシステムを製作した。このシステムは、近接センサーの情報を利用し、周辺の物体の位置を触覚フィードバックを通じて通知する。この研究では、振動モーターを座面にのみ取り付けしている。本研究では背もたれ部分に対する振動も考慮し、実験を行う。オートバイ用の触覚ナビゲーションシステムとして MOVING[7] がある。MOVING では振動モーターを内蔵したベルト型の触覚フィードバック装置を腰に装着し、運転手に右左折が必要な場所までの距離と方向を通知する。本研究では、MOVING の振動モーターの振動パターンを参考に、自動車用のフィードバック装置を製作した。佐藤 [9] は足裏に触覚フィードバックを行うシステムを取り付けナビゲーションを行っている。運転手の足裏への触覚フィードバックも考えられるが、運転手はペダル操作を行うため足裏への触覚フィードバックは行わなかった。

3. 提案手法 1：合流支援

本研究では、合流地点の選定とそこまでのナビゲーションの 2 つの要素がある。本章では、合流地点の選定について述べ、第 4 章では、そこまでのナビゲーションについて述べる。

3.1 設計

合流場所は、先導車、後続車共に安全に停止できる場所であるべきで、路肩に停車するのは望ましくない。一般的な合流では、以下のような手法が用いられる。

- 後続車が追い付くまで先導車がペースを落として走行
 - 音声通話で近くにある駐車場などで合流するよう連絡
- 前者の合流手法は、他の車両の割り込みなどで後続車が先導車を見失った場合、先導車、後続車共に同じルートを進んでいる場合では有効である。しかし、前者の合流手法は道を間違えたような状況においては合流が困難となる。対して、後者の手法であれば道を間違えても合流することができる。後者の手法の場合、合流場所はゲートなどの無い無料の駐車場が望ましく、コンビニエンスストアの駐車場やパーキングエリアを利用することが多い。一般的には、先導車が合流場所を選定し、後続車がそこに合わせる。し



図 1 本システムで想定している合流方法

かし、不案内な地域では、どこに駐車場があるか分からず、適切な合流場所を選定することができない。そのような場合では、合流は行わず、各自がそれぞれ目的地まで向かうことが一般的である。本研究では、道を間違えてしまった際の合流の難しさに対して、合流を支援するシステムを提案する。

本システムの合流手法は上記の駐車場などで合流するパターンを自動化する。これにより、不案内な地域においても適切な合流地点を選定することができる。本システムが適切とする合流地点は、先導車、後続車双方にとって無理のない場所である。無理のない場所は以下のような要素を持つ場所を指す。

- そこまで行くために U ターンをしない場所
- 先導車、後続車が過度に遠回りする必要が無い場所

図 1 は、本システムを利用した際の合流例を示す。①の地点で仲間とはぐれた場合、本システムは②を最適な合流地点として自動で設定する。図 1 の青色の線は、後続車のルートである。後続車のルートは、通常のカーナビゲーションシステムと同様に目的地へのリルートが行われたルートである。リルートの結果、はぐれた運転手は③で右折し、④で本来のルートに戻る。本システムでは、リルートによって本来のルートに戻される点に着目し、リルート後のルートと本来のルートが交差する点から先の地点で合流することとした。図 1 では、④から先にある②が合流地点となる。

ただし、この選定方法は図 2 のようにルートが交差する点が非常に遠くなる可能性がある。図 2 は、先導車が左折したことに対し、後続車が右折した場合のルートである。これははぐれた場所では、本来のルートとリルート後のルートがほぼ同じ時間で目的地に到着できるという結果になっている。この図の本来のルートは、リルート後のルートより僅かに早く到着できることから、提示されているルートである。しかし、後続車が道を間違えたことで、リルート後のルートが目的地に近くなるためルートが切り替わった。このような状況では、長時間仲間と合流できないため、楽しさが損なわれてしまう恐れがある。そのため、本システムでは、合流地点までのルートの長さが 3km 以上離れている場合は、先導車から 3km 進んだ地点から合流地点を選定することとした。この距離は、速度 40km/h で 4.5 分



図 2 遠くの地点でルートが交差した場合

走行した距離である。この 4.5 分は仲間と 5 分以上はぐれてしまうことは楽しさが損なわれてしまうと考え設定した値である。また、合流地点は互いのルートが交差した後のルートから 300m までの距離にあるものを選定するようにしている。これは本来のルートから多少離れたとしても、適切な合流地点を選定できることを重視したためである。これを踏まえて、以下のシステムを作製した。

3.2 実装

本システムは、スマートフォン上で動作することを想定し、ウェブアプリケーションとして作製した。本システムは、ナビゲーションシステムの基盤として、GoogleMap[1]を用いる。GoogleMap では、地図の表示、ルートの検索と表示、周辺の合流地点の検索を行う。本システムにおける合流地点は、現段階ではコンビニエンスストアのみとしている。また、高速道路とその周辺での合流支援は本論文では実装していない。これは、コンビニエンスストアの検索において、高速道路上にあるコンビニエンスストアと一般道路のコンビニエンスストアが区別できないためである。

合流支援のため、先導車と後続車の通信を行う必要がある。通信では、リアルタイム性、実装の容易さから SkyWay を用いる。SkyWay は WebRTC ベースの通信サービスである。本システムでは、SkyWay の SFU*1 を用いて通信を行っている。P2P 通信において複数の端末で通信する場合、メッシュ構造にする必要があり通信相手が増えれば増えるほど送信端末の負荷が増えてしまう。SFU は、サーバーを介することで P2P 通信の複雑さを解消する仕組みである。現段階では、少人数かつかなり小さなデータのやり取りのみのため SFU を使うメリットはあまりない。しかし、今後、大人数でのツーリングや、音声などのデータのやり取りを行う可能性を考慮し、SFU を採用した。本システムの構成を図 3 に示す。

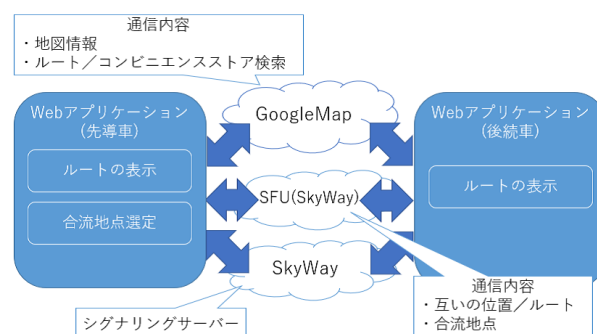


図 3 システムの構成

4. 提案手法 2 : ナビゲーション提示

4.1 設計

複数人のツーリングでは、音声通話による会話を楽しみながら運転することが多い。一般的なナビゲーションシステムでは、運転者に対して聴覚(音声)と視覚(ディスプレイ)でナビゲーションする。しかし、既存の研究[6][7]では、運転中に聴覚や視覚へのフィードバックは周囲の音を聞きそびれてしまったり、注意散漫になってしまったりが示されている。通話中のナビゲーションも同様に、音声案内を用いたルートナビゲーションは会話が阻害されてしまい望ましくない。そのため、本研究では音声案内の代わりに触覚フィードバックによって、右左折する場所までの距離と方向を案内する。この触覚フィードバックによる案内は、はぐれた場合だけでなく、はぐれていない場合でも行う。本システムでは、計 6 個の振動モーターをシートに取り付け、触覚フィードバックを行う。振動する部位は、背中、腰、殿部、大腿が考えられる。実験では、背もたれ、座面に振動モーターを取り付け、どの部位への振動が適切かを確認する。背もたれでは、背中を刺激し、座面では殿部と大腿を刺激する。腰に対しての刺激は、ベルト型の装置であれば容易であるが、シート型の装置では、腰と振動モーターが触れにくい行っていない。

一方で、触覚フィードバックは複雑な交差点などにおいては方向を詳細に案内することが難しい。そのため本システムでは、補助として従来のカーナビゲーションシステムと同様の視覚ナビゲーションも行うことを想定している。

これを踏まえて、以下の触覚フィードバック装置を作製した。

4.2 実装

図 4 に示す触覚フィードバック装置は座席に計 6 個の振動モーターを装着している。図 4 は背もたれに左右 1 個ずつ、座面に左右 2 個ずつ振動モーターを取り付けた状態である。モーターはケースで覆われており、ケースを通して振動が伝わる。本研究で使用する振動パターンを図 5

*1 Selective Forwarding Unit

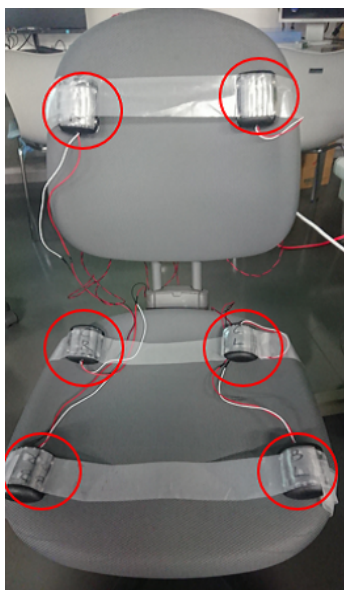


図 4 本システムで使用するシートのプロトタイプ

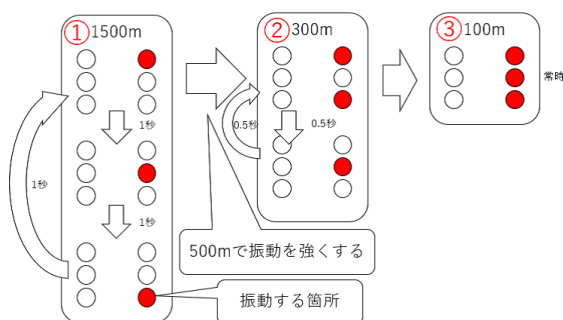


図 5 右折する場合の振動パターン

に示す。図 5 は右折時の振動パターンを示している。この振動パターンでは、既存の研究 [7] と同様に距離で振動パターンとその強さを切り替えることで、右左折の方向、そこまでの距離を表現する。振動パターンは、右左折地点まで 1500m と 300m, 100m の場所で切り替える。振動の強さは、右左折地点まで 500m と 300m, 100m の場所で切り替える。右左折地点まで 1500m の地点から振動を開始し、以下のような順番で刺激する。

- (1) 1500m の地点から①のパターンで振動する。
- (2) 300m の地点から②のパターンで振動する。
- (3) 100m の地点から③のパターンで振動する。

振動の強さが切り替わる距離は以下となっている。

- (1) 1500m の地点から意識すれば方向が分かる程度の振動。
- (2) 500m の地点から意識しなくても方向が分かる程度の振動。
- (3) 300m の地点から 500m より強いことが分かる程度の振動。
- (4) 100m の地点からかなり強めの振動。

ここで示した距離の 500m と 300m, 100m は、一般的なカーナビゲーションシステム [2] で案内を行う距離である。1500m は MOVING[7] で案内を行っていた距離である。

5. 実験

本研究では、合流支援とフィードバック手法のそれぞれに対し実験を行った。

5.1 合流支援

合流支援の実験では、図 1 の②における合流地点の妥当性を検証する。合流地点に関する実験は 2 人の実験協力者で行う。実験では、先導車を筆者とし、後続車を実験協力者 1 人として行った。後続車が指定の地点で道を間違えることで、どのように合流したかを確認した。実験は以下の 3 つのパターンで行う。

- (1) 本システムを用いた合流
- (2) 目的地までのカーナビゲーションシステムによる案内を受けながら音声通話を用いて合流
- (3) カーナビゲーションシステムの検索機能と音声通話を用いて合流

ここでは、音声通話のみの合流も考えられるが、不案内な地点から目的地まで向かうこと自体が難しいため実験は行っていない。パターン 1, パターン 2 は実際の道路で運転しながら行う。パターン 1 はシステムによって合流地点が選定され、通知される。実験では、音声通話を行わないため触覚フィードバックは行わず、視覚と聴覚にフィードバックする。パターン 2 とパターン 3 は音声通話によって合流地点を連絡する。パターン 2 では、一般的なカーナビゲーションシステムとして Yahoo!カーナビ [2] を使いつつ音声通話によって合流を行う、パターン 3 は、路肩に停車し、話し合いながら合流地点を選定する状況を想定している。路肩に停車することは他の交通を妨げてしまったり、事故の危険性がある。そのため、本論文では、パターン 2 の実験後、どの場所が適切であったかをカーナビゲーションシステムで運転手同士が振り返ることで評価する。実験は、合流場所と合流までにかかった時間と距離、先導車、後続車の合流のしやすさを確認した。

5.1.1 実験：本システムを用いた合流

本システムを用いた合流の実験は 2 箇所で行った。実験内容と実験結果を図 6 と図 7 に示す。図 6 は、目的地まで約 36km の地点において、左折すべき場所で後続車が直進してしまった場合である。この場合、本研究で想定した合流方法となった。①の地点は、先導車、後続車のルートが交差する点である。この地点で左折するため目的地から離れるルートになっている。これは前述の通り、交差後のルートから 300m までの範囲にあるコンビニエンスストアを合流地点にしているからである。

図 7 は、目的地まで約 6.3km の地点において、右折すべき場所で後続車が直進してしまった場合である。システムは、後続車に対し青色のルートを提示した。しかし、後続車はそのルートを途中で間違えてしまい、緑色のルートを



図 6 本システムを用いた合流の実験 1



図 7 本システムを用いた合流の実験 2

走行し、合流地点に到達した。本システムでは、一度合流地点を選定すると合流するまで合流地点を変更しない。これは合流場所の変更を許した場合、ルートの変更が頻繁に生じ、混乱を生みかねないからである。

5.1.2 実験：目的地までのルートナビゲーションを受けながら音声通話を用いて合流

目的地までのルートナビゲーションを受けながら音声通話を用いた合流を1箇所で行った。実験内容と実験結果を図8に示す。この実験では、目的地まで約4.4kmの地点において、左折すべき場所で後続車が直進した場合のルートである。実験では、合流地点を選定し、合流することには成功している。しかし、先導車、後続車共に不案内な地域のため適切な合流地点を選定することができず、実験協力者が偶然知っていたコンビニエンスストアで合流した。この合流地点は、先導車、後続車共に目的地より遠くの地点であった。また、実験に使用したYahoo!カーナビ[2]は聴覚、視覚に対してフィードバックする。しかし、この聴覚に対するフィードバックにより、音声通話が阻害されてしまい話ができないこともあった。

5.1.3 実験：音声通話とカーナビゲーションシステムの検索機能を用いて合流

図8の状況でどこで合流すべきだったかを振り返った。振り返った結果、実験協力者は図9の合流の仕方が適切であったと回答した。図8と図9はほぼ同じ距離であった。また、本システムで同様の状況をシミュレーションした結



図 8 音声通話のみで合流の実験



図 9 音声通話とカーナビゲーションシステムを用いて合流の実験

果、目的地から400m手前のコンビニエンスストアで合流する結果となった。

5.2 触覚フィードバック

本システムでは、既存の研究[7]の振動パターンを参考にしている。しかし、本システムとは、振動モーターの数やフィードバックを行う部位が異なることから、必ずしもその振動パターンが適切とは限らない。そのため、実験によって、自動車の触覚フィードバックとして適切な振動モーターの配置、振動パターンを確認する。本論文では、予備実験として一般的な椅子に振動モーターを装着し、研究室で実験をする。予備実験では3人の実験協力者に対して実験を行い、適切な振動位置、振動パターンを調査する。実験の評価として、ナビゲーション開始から実験協力者が正しく方向を知覚できた時間と、振動パターンがナビゲーションとして適切であったかアンケートを行った。実験では振動時間を40秒～43秒、同じ振動パターンは左右それぞれ1回ずつ、順序はランダムで行った。アンケートでは、刺激した振動パターンと振動の強弱が車における触覚ナビゲーションとして適切であったかそれぞれ10段階(10が最も良い、1が最も悪い)で評価した。振動モーターが6個の場合の配置では、以下の4通りが考えられる。

- 背もたれに左右3個ずつ
- 背もたれに左右2個ずつ、座面に左右1個ずつ
- 背もたれに左右1個ずつ、座面に左右2個ずつ
- 座面に左右3個ずつ

これらの配置と以下の振動パターン3種の左右それぞれで6パターンの組み合わせ、計24パターンで適切な振動パ

表 1 背もたれに左右 3 個ずつ実験

実験協力者	図 10 のパターン		図 11 のパターン		提案手法	
	回答時間 (秒)	評価点	回答時間 (秒)	評価点	回答時間 (秒)	評価点
A	21.06	4	4.06	8	6.76	7
B	23.20	6	5.02	8	4.27	8
C	23.26	2	3.55	6	1.08	8

表 2 背もたれに左右 2 個ずつ、座面に左右 1 個ずつ実験

実験協力者	図 10 のパターン		図 11 のパターン		提案手法	
	回答時間 (秒)	評価点	回答時間 (秒)	評価点	回答時間 (秒)	評価点
A	43.16	3	10.95	8	13.92	6
B	25.45	4	6.22	7	7.48	9
C	27.47	5	3.82	3	14.3	10

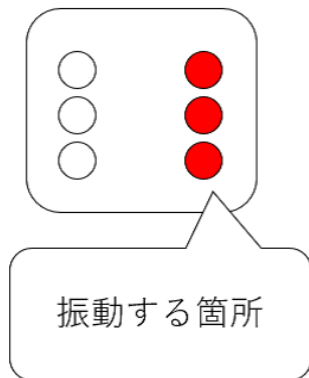


図 10 振動の強弱で距離を表現する振動パターン

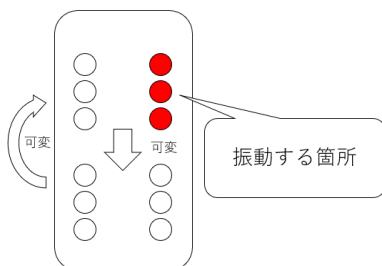


図 11 振動の ON と OFF で距離を表現する振動パターン

ターンを調査する。

- 振動の強弱で距離を表現する振動パターン (図 10)
- 振動の ON と OFF で距離を表現する振動パターン (図 11)
- 提案手法の振動パターン (図 5)

図 10 と図 11 は右折時の振動パターンを示す。図 10 は、曲がるまでの距離を振動の強弱で表現するため、曲がる方向に配置された振動モーターが常時振動する。図 11 は、曲がるまでの距離を振動モーターの ON と OFF を切り替え表現する。右左折地点が近づくにつれて ON と OFF の間隔が短くなっていく。

実験の結果を表 1、表 2、表 3、表 4 に示す。表に示す回答時間は、ナビゲーションによって方向が分かった際の

回答時間であり、左右の平均時間である。振動部位ごとの評価点を合算すると、背もたれに左右 1 個ずつ、座面に左右 2 個ずつの手法が最も高く、振動パターン別の評価点を合計すると提案手法のパターンが最も高いことが明らかになった。

6. 考察

本研究では、合流支援とフィードバック手法のそれぞれに対する考察を述べる。

6.1 合流支援

実験では、本システムを用いて合流地点を選定する手法と音声通話を用いて合流地点を選定する手法を確認した。図 8 に示す結果から道を間違えた場合において、停車をせず音声通話のみで合流することは適さないことが確認できた。これは上述の通り、不案内な地域のため適切な合流地点を選定することができないからである。停車することで適切な合流地点を選定できるが、路肩の狭い自動車専用道路のような停車しにくい場所があること、停車することで他の交通を妨げしまう可能性があることから、望ましくない。

システムを用いた実験では音声通話は行っておらず、先導車と後続車が会話をしないことでナビゲーションに集中することで提案手法を有利に導いた懸念がある。今後、音声通話を行いながらシステムを用いた実験を行う必要がある。

本論文での実験で走行したルートは、はぐれた地点から目的地まで 4.4km～36km 程度の距離であった。目的地まで 4.4km の実験 (図 8) において、実験協力者から、合流せずとも目的地で合流するほうが適切という意見があった。これは、5 分以上合流出来ない状態であっても目的地まで数 km 程度の距離であれば合流する必要がないと考えられる。一方で、目的地が観光地であるなどして到着したときの感動を共有したい場合などでは合流する必要がある。例えば、図 8、図 9 ではショッピングモールが目的地であり、

表 3 背もたれに左右 1 個ずつ、座面に左右 2 個ずつの実験

実験協力者	図 10 のパターン		図 11 のパターン		提案手法	
	回答時間 (秒)	評価点	回答時間 (秒)	評価点	回答時間 (秒)	評価点
A	25.12	6	8.09	7	4.74	9
B	22.80	5	3.32	7	4.61	9
C	21.00	3	3.03	7	3.48	10

表 4 座面に左右 3 個ずつ実験

実験協力者	図 10 のパターン		図 11 のパターン		提案手法	
	回答時間 (秒)	評価点	回答時間 (秒)	評価点	回答時間 (秒)	評価点
A	26.73	6	5.58	10	7.15	7
B	25.93	4	4.51	7	2.43	9
C	9.20	3	3.39	7	2.92	8

先導車、後続車は合流せずに目的地に向かう方が適切である。そのため、合流地点の選定時、目的地が観光地ではなく、ある程度近くにある場合、そのまま目的地へ向かうようにすべきであった。システムの実装では GoogleMap[1] を用いたが、GoogleMap[1] では道を間違えてすぐの場所では U ターンするような案内をしてしまう場合がある。これは、ルート検索に走行車線もしくは自身の方向が含まれていないことが原因である。運転手は U ターンを指示されても、U ターンしないルートにリルートされるまでその道を走り続けるなど考えられる。本研究では、U ターンしないようなルートと合流地点を選定するように改善する必要がある。これらの問題が発生しないナビゲーションシステムとして Yahoo!カーナビ [2] が挙げられるが、開発する環境が公開されておらず利用はできなかった。GoogleMap[1] でも、現在位置と目的地に加え、中継地点を設定することで実現できる余地はある。

6.2 触覚フィードバック

実験の結果、各手法ごとの評価点の合計から提案手法が図 10 と図 11 よりもナビゲーションとして適切であることが明らかになった。また、各振動位置ごとの評価点の合計から振動モーターの位置は背もたれに左右 1 個ずつ、座面に左右 2 個ずつが適切であることが明らかになった。図 11 のパターンにおいて、評価点の合計が 77 点と提案手法より点数が低いものの、座面に左右 3 個ずつのパターンでは提案手法と同じ点数となっていた。これは、図 11 のパターンでは背もたれを刺激時、提案手法よりも左右を誤認しやすいという意見もあり、背もたれを刺激する場合においては提案手法が有利であることが考えられる。実験では、背もたれと座面での振動パターンは同じであった、背もたれと座面では振動の近くのしやすさが異なる可能性があった。そのため、背もたれと座面それぞれ異なったパターンの振動を行うことでより方向を知覚できる可能性がある。

左右の回答時間に関しては、図 10 が最も遅く、図 11 が最も早かった。図 10 は、振動がある程度大きくならない

と知覚しづらいことが挙げられる。そのため、知覚できる程度の振動から刺激を始めればこの問題を解決することができる。図 11 は、振動が最初の時点で大きく、振動してすぐに方向が分かるという結果であった。対して提案手法では 1500m～500m の間はわずかに知覚できる程度の強さで振動するため、回答が遅れたことが考えられる。運転中において、図 10、図 11、提案手法の振動を行ったとしても、知覚ができないという問題はない。また、図 10 のパターンにおいて、右左折まで 1500m の距離から 20 秒程度知覚出来ずに走行したとしても 200m～300m 程度の走行するのみである。そのため、最悪でも残り 1200m の地点で知覚するため、知覚できないために道を間違えることは無いと言える。

7. まとめ

本研究では、仲間との合流を考慮したツーリング支援システムを実装し、触覚フィードバックによるナビゲーションの可能性を検証した。合流を支援するため、GoogleMap[1] を用いて適切な合流地点の選定、ナビゲーションを行った。合流選定に関する実験では、実際に路上でシステムを用いて合流のしやすさ、他の合流手法との比較を行った。実験では、本システムを用いた合流実験のみ音声通話を用いなかったため、音声通話をしながら本システムを用いた実験を行う予定である。また、ルート選定の際、U ターンするようなリルートが行われる可能性について、U ターンしないよう対策する予定である。

触覚ナビゲーションシステムでは振動ナビゲーションの予備実験として、振動モーターをシートに取り付け、振動させる実験を行った。実験では、提案手法の振動パターンが振動の強弱で距離を表現する振動パターン、振動の ON と OFF で距離を表現する振動パターンに比べナビゲーションとして適切であることが明らかになった。また、振動モーターは背もたれに左右 1 個ずつ、座面に左右 2 個ずつ取り付けることで最も振動を知覚できることが明らかになった。今後は、実際に自動車のシートに振動モーターを取り

付け実験を行う予定である。

8. 謝辞

NTT コミュニケーションズ株式会社 技術開発部 大津谷 亮祐様には、本研究の方針について助言をいただきました。深く感謝致します。また、NTT コミュニケーションズ株式会社 SkyWay 開発チームの方々には、本研究の技術的な面で助言をいただきました。感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Google マップ
<https://www.google.co.jp/maps/>, (参照 2019/5/7).
- [2] Yahoo!カーナビ
<https://carnavi.yahoo.co.jp/promo/>, (参照 2019/5/7).
- [3] ツーリングサポーター
<http://products.navitime.co.jp/service/motorcycle/>, (参照 2019/5/7).
- [4] 曾我 真人, 角本 一嘉, 待ち合わせを支援する協調ナビゲーションの提案, 情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム, pp. 75–82(2008).
- [5] 元良龍太郎, 安村通晃, 円滑な待合せ支援のためのコンパシインタフェースを用いた動的ナビゲーションシステムの提案と試作, インタラクション 2010(2010).
- [6] 鈴木 彰真, 瀧谷 俊介, 村田 嘉利, 座面アクチュエータを用いた臀部触覚による自動車の周辺通知, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, pp. 729–734(2016).
- [7] Kiss Francisco, Boldt Robin, Pfleging Bastian, Schneegass Stefan: Navigation Systems for Motorcyclists: Exploring Wearable Tactile Feedback for Route Guidance in the Real World, CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 617:1–617:7(2018).
- [8] 塚田 浩二, 安村 通晃, Active Belt : 触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構, 情報処理学会論文誌, pp. 2649–2658(2003).
- [9] 佐藤 史規, 足底への振動刺激を用いたユーザ定義型の情報提示, インタラクション 2016(2016).