

駐車時における自動車ハンドルの回転角フィードバックシステムの評価 Evaluation of Feedback System for Rotational Angle of Automobile Steering Wheel during Parking

花山 勝吾¹⁾ 山本 匠¹⁾ 杉浦 裕太¹⁾
Shogo Hanayama Takumi Yamamoto Yuta Sugiura

1 はじめに

近年、自動車の運転支援技術は急速に発展しており、ドライバーの負担軽減や安全性向上を目的とした様々なシステムが開発・搭載されている[1, 2]。中でも、駐車時の操作には慣れが必要であり、普段運転している人としていない人では駐車技術の差が顕著である[3, 4, 7]。特に運転初心者によく見られる現象として、バック駐車時にハンドルの回転角が分からなくなるといったものがある。そのため、近年では、タイヤの向きや予想進路を視覚的に提示することでドライバーにハンドルの回転角を知覚させるシステムが自動車に搭載されていることも多い[5, 6]。しかし、こうしたシステムの有効性に焦点を当てた研究はほとんど存在しない。

本研究では、こうしたハンドルの回転角をフィードバックするシステムが実際に駐車時の運転に影響を与えているのかどうかを検証するため、ハンドル回転角をリアルタイムにフィードバックするシステムを実装し、運転シミュレータを用いて10人の被験者に駐車実験を行ってもらった。フィードバックシステムとしては直感的な視覚フィードバックに加え、新たな可能性として聴覚フィードバックと振動フィードバックも実装し、実験ではシステムを使わない条件とそれぞれのシステムを使う3つの条件において並列駐車と縦列駐車を行ってもらった。また、実験後にはアンケートに答えてもらうことで、各フィードバックシステムへの定性的な評価をしてもらった。

本研究の目的は、自動車のハンドル回転角をフィードバックするシステムが駐車に影響を与えているのか、また、フィードバック手法による違いは存在するのか、ということを検証することである。

結果として、定量的にはフィードバックの効果が認められなかったものの、ユーザのアンケート結果からは、視覚フィードバック及び聴覚フィードバックがドライバーの心理的側面に影響を与える可能性が示唆された。また、一部項目では異なるフィードバック間においても有意な差が認められた。

2 関連研究

自動車の運転中に注意すべき情報は多数存在する。そうした情報をドライバーに知らせるために様々な手法での情報提示が研究されてきた。Tanakaら[8]は運転中及び運転後に高齢ドライバーを支援するための運転支援エージェントシステムとして、音声提示、視覚提示、ロボットエージェントを提案し比較している。Lauerら[18]はヘッドアップディスプレイとヘッドマウントディスプレイを使用した運転中の警告の視覚提示を提案し比較している。また、Leeら[15]は自動運転車のドラ

イバーが運転以外のタスクに集中した後に運転制御のための状況認識を迅速に行う手段として視覚信号の有効性を検証している。情報提示に触覚を利用した研究としては、Maら[16]は自動運転車のドライバーに警告及び誘発をするための、振動触覚を提示するリストバンドを提案している。また、Zhuら[9]はドライバーの手首に振動触覚を与えることによる車両ナビゲーション情報の提供を提案している。さらに、Dmitrenkoら[11]は車内でドライバーに通知を行う手段として最適な香りを利用することを提案している。

このように、ドライバーに情報を提示するための手法は多数あり、ドライバーが自動車とインタラクションを行う研究をまとめた研究も存在する[17]。中でも、車内でドライバーが運転中に最も干渉する対象がハンドルであり、このハンドル自体に情報提示システムを搭載している研究も多い。Wilfingerら[22]は自動車のハンドルを、ディスプレイを統合するためのスペースとして利用することを目的とし、ハンドルを切ったときに画面の向きも変えることによる視覚的な負担の軽減を検証している。本研究でも視覚フィードバックのデザインとしてこの手法を取り入れている。Mokら[20]は自動運転車のドライバーに警告をするために、変形するロボティックハンドルと色が変わるLEDを埋め込んだハンドルを提案している。また、Johnsら[19]は自動運転車の軌道計画をドライバーに知らせるインタフェースとして、車輪の動きに先駆けて作動するハンドルや、LEDにより事前に知らせることができるとハンドルカバーを取り付けた仮想ハンドルを提案している。同様にハンドルカバーを使用した研究として、Ibragimovaら[21]はライトを利用した視覚フィードバックと振動を利用した触覚フィードバックを可能とするハンドルカバーにより、安全で燃費の良い運転体験の提供を提案している。これらの研究は主に提示手法に視覚提示を利用している。

一方で、視覚的負担を軽減することを目的とし、ドライバーに触覚信号を提供する技術を提案する研究も多数存在する。Farooqら[14]はハンドルに触覚フィードバックゾーンを設けることで、触覚信号が認知負荷を軽減することを検証している。Sucuら[10]はハンドルの左右に振動装置を埋め込むことで、車両の位置情報からハンドルをどの程度まで切るべきかを触覚信号で示すインタフェースを提案している。HEDGEHOG[13]は自動運転車のドライバーが車両状況を認識するため、連続的に力覚フィードバックを提供するハンドルプロトタイプである。さらに、Vitoら[12]は運転中のドライバーに対する振動触覚による通知に加え、ペルチェ素子を利用した熱触覚による通知も取り入れた通知システムを提案し、通知優先度の区別を可能とした。

こうした運転中の情報提示手法は多数研究されてきた

1) 慶應義塾大学大学院理工学研究科。

The Faculty of Science and Engineering, Keio University.



図1 視覚フィードバックシステム

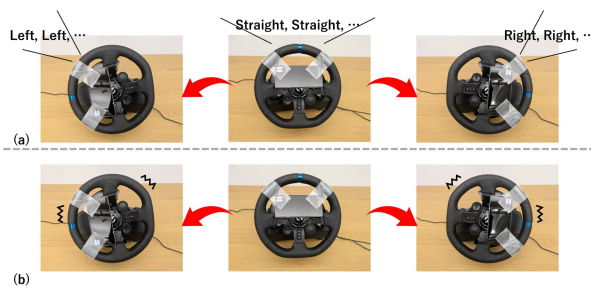


図2 (a) 聴覚フィードバックシステム, (b) 振動フィードバックシステム

が、自動車のハンドルの回転角フィードバックに焦点を当てた研究は少ない。本研究では、運転初心者が混乱しやすい駐車時のハンドルの回転角に関する情報提示を行うシステムに注目し、このシステムが運転に与える影響について検証している。

3 実験

本研究では、視覚・聴覚・振動の3つのハンドル回転角フィードバックに関して駐車タスクにおける効果を検証するために、ユーザスタディ(N=10)を実施した。

3.1 被験者

被験者は男性8人、女性2人(平均22.4歳、標準偏差1.075歳)であり、全員が運転免許を所有していた。運転頻度は、2人が週1~2回、2人が月1~3回、3人が数カ月に1回、3人がそれ未満であった。

3.2 ハンドル回転角のフィードバック手法

本研究では、フィードバックシステムとして視覚・聴覚・振動フィードバックを実装した。

視覚フィードバック(視覚FB) フィードバック用のスマートフォンアプリを開発した。図1に示すように、回転角メータに加え、タイヤの切れ角提示、背景色の変化によりフィードバックする。背景色は、ハンドルが中立位置にある状態では緑、回転角が180度までは黄、それ以上は赤と変化する。また、スマートフォンに内蔵されたジャイロセンサを用い、端末の回転に応じてフィードバックUIを動的に回転させることで、UI内における上方向が常に現実空間における上方向と一致するように実装した。実験では、スマートフォン(Google Pixel 7a)をハンドルに取り付け、このスマートフォンアプリを立ち上げることでフィードバックを行う。

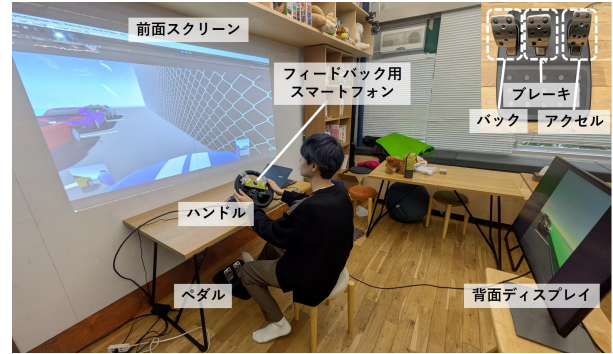


図3 運転環境

聴覚フィードバック(聴覚FB) フィードバック用のスマートフォンアプリを開発した。図2(a)に示すように、ハンドルが中立位置にある状態の場合に“straight”，右回りに回転している場合に“right”，左回りに回転している場合に“left”と発し続けることでハンドルの回転方向を提示する。また、中立位置からの回転角が大きくなるほど音量が大きく、ピッチが速くなることでハンドルの回転角の大きさを提示する。実験では、スマートフォン(Google Pixel 7a)をハンドルに取り付け、このスマートフォンアプリを立ち上げることでフィードバックを行う。

振動フィードバック(振動FB) logicool G923を用いてハンドル上で振動を提示した。図2(b)に示すように、ハンドルが中立位置にある状態の場合は振動せず、そこから回転角が大きくなるにつれて振動が増していくことでハンドルの回転角の大きさを提示する。ただし、180度を超えると振動の大きさは一定となるようになっている。

3.3 実験環境

本研究では、レーシングゲーム用ハンドルコントローラと自作のUnity上の運転環境を用いて実験環境を構築した。実験環境を図3に示す。被験者が操作するハンドルおよびペダルに関しては、レーシングゲーム用ハンドルコントローラであるlogicool G923を使用した。運転シミュレータには、ハンドル及び図3右上に示すような自動車を前進させるアクセルペダル、停止させるブレーキペダル、後退させるバックペダルの3つのペダルが備わっており、ユーザはこれらを用いて前面スクリーンに映るフロントビューと、背面ディスプレイに映るバックビューを見ながら運転する。実験中に実施する駐車タスクにおいては、図4(a)に示すように、フロントビューからはサイドミラーを見ることができただけでなく、バック時のみ左上部にアラウンドビューモニタが出現することで自動車付近の状況を真上からも確認することができる。また、右上部には自動車の衝突回数が表示され、右下部には駐車開始からの経過時間が表示される。このシステムではクリープ現象も発生し、前進時にブレーキを踏み停車した後にブレーキを離すと自動車が前進し始め、後退時にブレーキを踏み停車した後にブレーキを離すと自動車が後退し始める。衝突時はハンドルに衝撃が加わるようになっているが、ユーザは衝突をできる限り回避するように指示されている。ハンドルには中立位置に戻るよう抵抗がかかっており、その大きさは後退時より前進時の方が大きい。

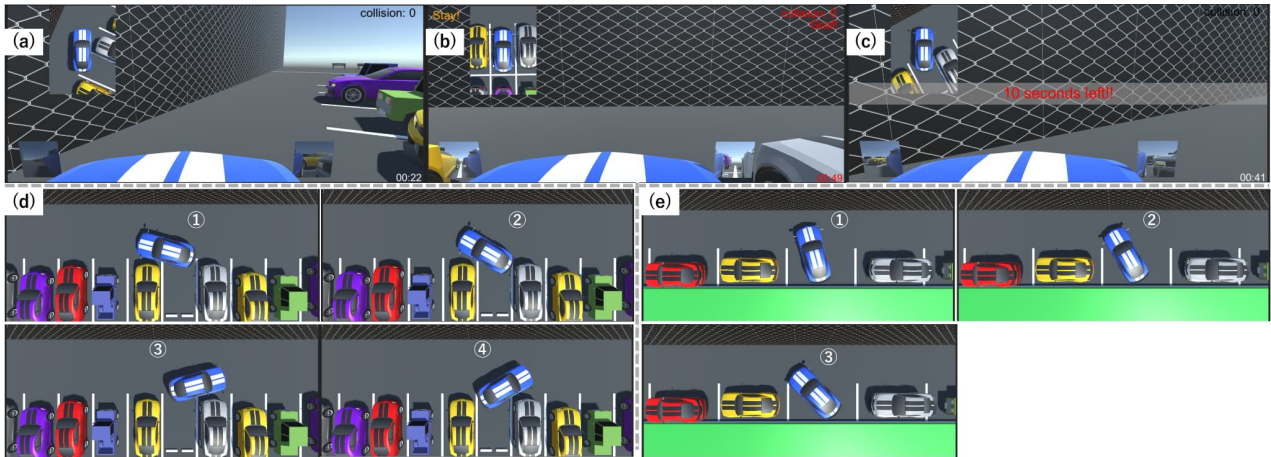


図 4 (a)Unity 内の実験システム, (b) 駐車完了判定, (c) 警告, (d) 並列駐車初期位置, (e) 縦列駐車初期位置

3.4 実験手順・条件

被験者はまず実験に関する簡単な説明を受けた後、自動車を直角に駐車位置へ入れる並列駐車タスクを行い、十分な休憩時間を取った後、自動車が縦に並んだ駐車位置へ入れる縦列駐車タスクを行った。各タスクの実施前には駐車タスクを理解するために、実験者が駐車を行っている映像を見てもらった。

並列駐車タスクではフィードバックシステムを使用しない条件及び各フィードバックシステムを使用する3つの条件の計4条件と図4(d)に示す初期位置が異なる4種類の駐車パターンを組み合わせた計16回の駐車を実施した。縦列駐車タスクではフィードバックシステムを使用しない条件及び各フィードバックシステムを使用する3つの条件の計4条件と、図4(e)に示す初期位置が異なる3種類の駐車パターンを組み合わせた計12回の駐車を実施した。各フィードバック条件と駐車パターンは、ユーザごとにすべてランダムな順番で行ってもらった。初期位置は自動車の切り返しが発生するような状態に調整している。また、本番に入る前に十分な練習時間を設け、本番とは異なる駐車パターンにおいて各フィードバック条件が同じ回数ずつになるように駐車練習を行ってもらった。

各駐車において、図4(b)に示すように、自動車が目標とする駐車区域に入っているときに左上部に「Stay!」という文字が表示され、この状態が5秒間維持された場合に駐車完了判定となり、右上部に「Goal!」という文字が表示される。ただし、この5秒間は評価の際の駐車にかかった時間には含めていない。さらに、ユーザは次のような条件を想定するように指示されている。

- 後方から接近する別の自動車が待機しているため、50秒以内に駐車すること(駐車完了はStay判定の5秒を追加した55秒以内)
- 並列駐車タスクにおいては、自動車には助手席を含め、4人乗っていることを想定し、人が左右から乗り降りできる状態で駐車すること
- 縦列駐車タスクにおいては、人が右側からのみ乗り降りできれば良い状態を想定し、できるだけ左に詰めて平行に駐車すること

50秒以内の駐車を促すため、40秒経過時に一定時間だけ図4(c)に示す警告を表示するようにした。これらの

指示によりユーザの焦りを掻き立て、正確に駐車するためにフィードバックシステムを使用することを促した。

並列駐車タスク・縦列駐車タスクごとにすべての駐車終了後、フィードバックシステムの評価を行うアンケートに回答してもらった。ただし、フィードバックを使用しない条件に関してはアンケートを実施していない。

3.5 評価指標

本実験の評価指標として、駐車完了までの衝突回数、駐車にかかった時間[s]、駐車完了までに回したハンドルの総回転角[度]、最終的な駐車位置の横方向座標のずれ、最終的な駐車位置の角度のずれ[度]を計測した。ここで、駐車位置のずれは、並列駐車タスクでは両隣の自動車の中央の横方向座標を正解の横方向座標、両隣の自動車と平行な角度を正解の角度としており、縦列駐車タスクでは自動車が左側の縁石に接している状態での横方向座標を正解の横方向座標、前後の自動車と平行な角度を正解の角度としている。

また各駐車タスクごとに行ったアンケートの項目は、「受容性」「信頼度」「気づきやすさ」「理解しやすさ」「利便性」「正しい駐車への貢献度」「安全運転への貢献度」「不快さ」「妨害性」「満足度」「使いたいか」の11項目であり、視覚FB、聴覚FB、振動FBの3つに対してそれぞれ評価してもらった。全項目7段階の評価であり、各項目と評価尺度ラベルの対応関係は表1の通りである。

4 結果

4.1 定量的指標

各駐車タスクにおいて、取得した結果からユーザごとに「衝突回数の合計」「駐車にかかった時間の平均」「回したハンドルの総回転角の平均」「駐車位置の位置ずれの平均」「駐車位置の角度ずれの平均」を算出し、これらの5つの評価軸ごとに10人の実験結果の平均値を求め、フィードバック条件間で比較したものを図5に示す。また、各項目の10人の結果を(フィードバック無し条件、視覚FB条件、聴覚FB条件、振動FB条件)という形式で表すと、並列駐車では、衝突回数の合計で(0.900±1.853, 0.200±0.422, 0.300±0.675, 0.200±0.422)、駐車時間の平均で(41.825±8.947, 39.050±10.197, 41.950±7.647, 40.200±8.031)、ハンドルの総回転角の平均で(4151.145±1160.736, 3871.138±1166.006, 4129.986±930.939, 4141.065±1240.149)、駐車位置の位置ずれの平均で(0.128±0.057, 0.121±0.060, 0.135±0.053,

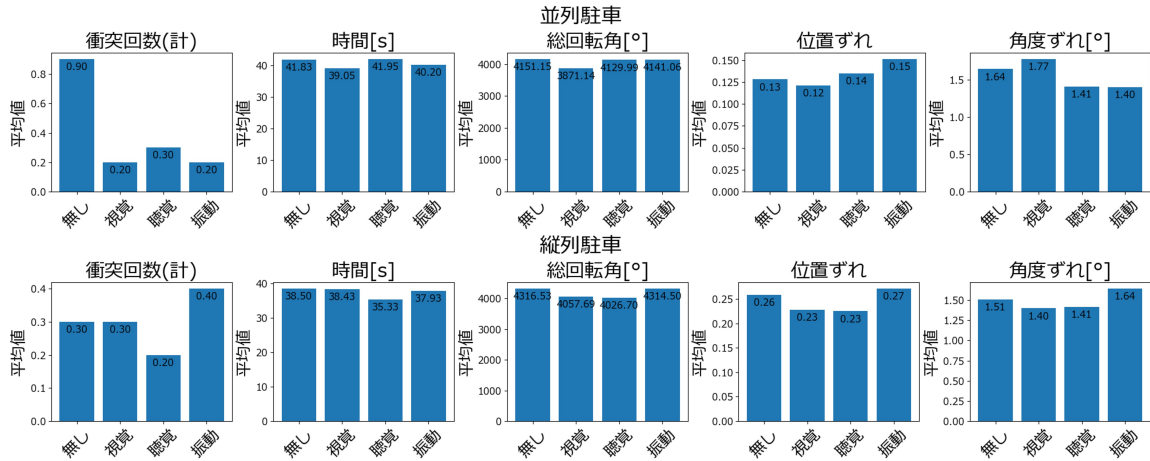


図 5 実験結果

0.151±0.090), 駐車位置の角度ずれの平均で (1.642±1.400, 1.774±0.666, 1.408±0.828, 1.401±0.818) となり, 縦列駐車では, 衝突回数の合計で (0.300±0.675, 0.300±0.949, 0.200±0.422, 0.400±0.699), 駐車時間の平均で (38.500±9.034, 38.433±17.385, 35.333±9.189, 37.933±9.069), ハンドルの総回転角の平均で (4316.528±1338.918, 4057.691±1869.486, 4026.695±1549.796, 4314.503±1105.419), 駐車位置の位置ずれの平均で (0.258±0.129, 0.228±0.100, 0.225±0.088, 0.271±0.091), 駐車位置の角度ずれの平均で (1.510±1.190, 1.397±0.522, 1.412±0.793, 1.640±1.387) となった。いずれにおいてもユーザ間の違いが大きいことがわかり, 駐車熟練度や得意不得意が結果に表れたと考えられる。このように結果はユーザによって大きく値が異なるため, 有意差検定の際には初めにシャピロウィルク検定による正規性の検定を行い, 正規性があつた場合は一元配置分散分析を行い, 正規性がなかつた場合はフリードマン検定を行った。いずれにおいても有意水準は5%とした。

その結果, 並列駐車と縦列駐車とで駐車時間及びハンドルの総回転角のみ一元配置分散分析を用い, それ以外はフリードマン検定を用いることとなり, すべての項目において有意差は認められなかつた。この結果は, 今回の実験環境・条件においては, フィードバック条件の違いが駐車のパフォーマンスそのものに明確な影響を及ぼす傾向を統計的に示すには至らなかつたことを示している。

4.2 アンケート

並列駐車タスク後と縦列駐車タスク後に答えてもらったアンケートの項目ごとに10人のアンケート結果の平均スコアを求め, 条件間で比較したものを図6に示す。有意差検定にはフリードマン検定を用い, 有意水準は5%とした。有意差があつた場合はウィルコクソンの符号付き順位和検定により多重比較を行い, 第1種の過誤を抑制するためにボンフェローニ補正を適用した。

結果として, 実世界でフィードバックシステムを受容できる度合を問う受容性の項目では, 両タスクにおいて振動FB・視覚FB間, 振動FB・聴覚FB間で有意差が認められた。さらに, 振動FBの結果の値が基準値の4を下回っていることから, 振動フィードバックが特に運転システムとして受け入れられにくいことがわかる。反対に, 視覚FBと聴覚FBは比較的受け入れられやすいといえる。また, フィードバックの理解しやすさ, 利

便性, 使いたいか, の項目でも同じ傾向が見られ, 振動FBへの馴染みの無さが読み取れる。

フィードバックを信頼できる度合を問う信頼度の項目では, 全フィードバックにおいて基準値の4を超えたものの, 両タスクにおいて振動FB・視覚FB間で有意差が認められ, 縦列駐車タスクにおいては振動FB・聴覚FB間でも有意差が認められた。これは, 馴染みの無さに加え, 振動FBは唯一ハンドルの回転方向の左右の区別ができないことも関係している可能性がある。

運転中のフィードバックの認識のしやすさを問う気づきやすさの項目では, 有意差は認められなかつたものの, 両タスクにおいて聴覚FBの評価が最も高かつた。これは, 耳から自然に入ってくる情報の認識のしやすさを示している。

フィードバックが正しい駐車への参考になる度合を問う正しい駐車への貢献度の項目では, 並列駐車タスクにおける有意差は認められなかつたものの, 縦列駐車タスクにおいては振動FB・視覚FB間, 振動FB・聴覚FB間で有意差が認められた。このことより, 今回実装した振動FBは駐車支援としては他の2つに比べて効果が薄いといえる。

フィードバックが安全運転に役立つ度合を問う安全運転への貢献度の項目でも, 両タスクにおいて有意差は認められなかつたとはいえ, 振動FBが基準値の4を下回る最低の値となった。

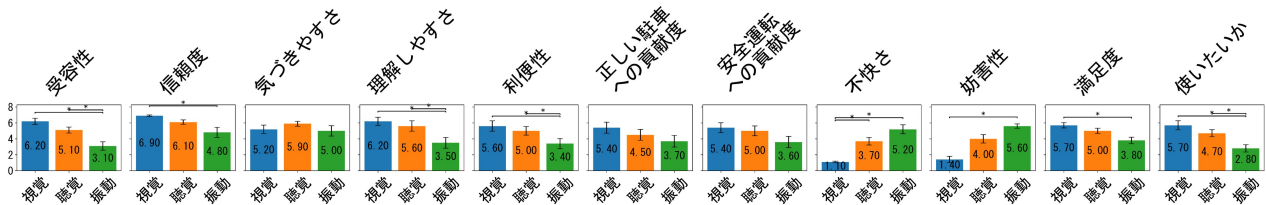
フィードバックの不快さの度合を問う不快さの項目では, 並列駐車タスクにおいては振動FB・視覚FB間, 聴覚FB・視覚FB間で有意差が認められ, 縦列駐車タスクにおいては振動FB・視覚FB間, 振動FB・聴覚FB間で有意差が認められた。また, フィードバックが運転の妨げとなると感じた度合を問う妨害性の項目では, 両タスクにおいて振動FB・視覚FB間で有意差が認められた。これらのスコアからも, 視覚FBに対するネガティブな印象はなく, 振動FBに対するネガティブな印象が強く見られる結果となった。

最後に, フィードバックが無いときと比べたときの総合的な満足度を問う満足度の項目では, 視覚FB, 聴覚FBは両タスクにおいて基準値の4を上回り, 振動FBは基準値付近の値となった。中でも視覚FBは高い評価を示しており, ユーザに好意的に受け入れられていることが示唆される。また, この値は両タスクにおいて振動

表 1 アンケートの評価項目と評価尺度ラベルの対応関係

項目	1	7
受容性, 信頼度, 満足度	非常に低い	非常に高い
気づきやすさ, 理解しやすさ, 利便性, 正しい駐車への貢献度, 安全運転への貢献度, 不快さ, 妨害性, 使いたいか	全く感じなかった	非常に感じた

並列駐車 におけるアンケート結果



縦列駐車 におけるアンケート結果

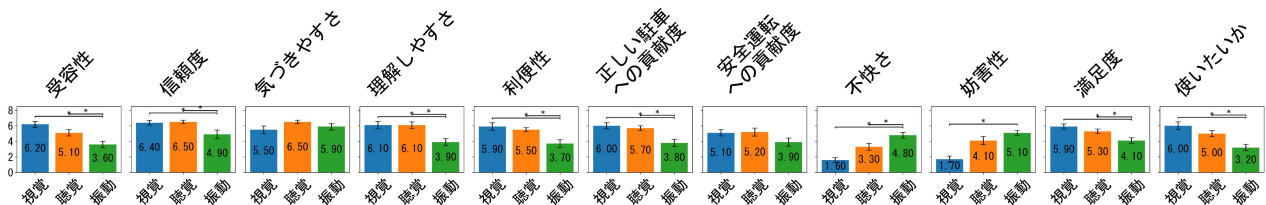


図 6 実験アンケート結果

FB・視覚FB間では有意差が認められ、縦列駐車タスクにおいては振動FB・聴覚FB間でも有意差が認められた。信頼度や不快さ、正しい駐車への貢献度の項目でも縦列駐車タスクにおいてのみ聴覚FBが振動FBより有意に優れていたことも考慮すると、聴覚FBは並列駐車よりも縦列駐車において、より効果を発揮すると考えられる。さらに、満足度は全FBにおいて縦列駐車タスクの方が高かったことから、ユーザが縦列駐車においてよりフィードバックを必要としているとも考えられる。

結果として、視覚FB及び聴覚FBがドライバーの心理的側面に影響を与える可能性が示唆された。また、一部項目では異なるフィードバック間においても有意な差が認められた。

5 議論と制約

本研究では、自動車のハンドルの回転角をリアルタイムにフィードバックするシステムを実装し、運転シミュレータを用いて被験者に駐車実験を行ってもらったことで、システムが駐車時の運転に与えている影響を検証した。アンケート結果からは、フィードバック手法の中でも視覚FBの評価が高いことが明らかとなったが、被験者からも、視覚FBはハンドルが中立位置にある状態を理解しやすいという意見が寄せられた。また、画面を直視しなくても色の変化で認識できることを高く評価する意見も見受けられた。そのため、視覚FBの中でも何の情報か最も効果的であるかを比較検討する必要性も示唆された。一方で、聴覚FBや振動FBについては一部の被験者から、運転中に焦りや恐怖を感じさせるといった意見が寄せられた。そのため、使用状況やデザインによってはこれらのフィードバックが逆効果となる可能性も示唆された。

本実験では、被験者の条件として運転免許の保有のみ

を設定したが、被験者の中には運転に十分慣れている者も、普段あまり運転をしない者も含まれていた。ハンドルの回転角が分からなくなる現象は運転熟練者よりも運転初心者に見られると考えられ、実際のアンケート結果においても、運転頻度が高い被験者ほどフィードバックシステムの満足度が相対的に低い傾向が見られた。これらの点を踏まえると、被験者をさらに絞って実験を行うことでフィードバックシステムの効果に関するより詳細な知見を得られる可能性がある。

また、本研究にはいくつかの制約がある。本研究では、フィードバックシステムとして視覚フィードバック及び聴覚フィードバックに容易に実装できるスマートフォンアプリを使用した。実世界ではダッシュボードやカーナビの画面に表示されることが多く、この違いが結果にも影響を与える可能性がある。また、振動フィードバックについてはハンドルに直接振動を与える実装としたが、操作中のハンドルに振動が与えられることで不快感を助長する可能性がある。ハンドルの左右の回転方向を区別してフィードバックするためにも、リストバンドのような左右の腕への装着型デバイスなどから振動を伝える実装とした場合に異なる結果が得られるかもしれない。

実験環境としては、前面スクリーンと背面ディスプレイを使用した。被験者からの意見の中には駐車の際に左右を確認したい状況があったというものもあったため、より実世界に近い環境を整えるためにはVR環境で実験を行うことが好ましかった。さらに、今回はア라운드ビューモニターが搭載されている前提で実験を行ったが、ア라운드ビューモニターに広く普及しているというイメージを持っていない被験者や、ア라운드ビューモニターへの強い利便性を感じる被験者もいたため、アラウ

ンドビューモニタを無くすことで純粋なフィードバックの効果を検証することができた可能性がある。

本研究でフィードバック効果の検証のために実施した実験は限定的な状況を想定したものであり、その結果が必ずしもすべての状況に当てはまるとは限らない。そのため、解釈や応用に際しては十分な慎重さが求められる。

6 終わりに

本論文では、自動車のハンドルの回転角をフィードバックするシステムが実際に駐車時の運転に影響を与えているのかどうかを検証するため、ハンドル回転角の視覚フィードバックシステム、聴覚フィードバックシステム、振動フィードバックシステムを実装し、運転シミュレータを用いて10人の被験者に駐車実験を行ってもらった。その結果、各フィードバックシステムを使用した場合とフィードバックシステムを使用しなかった場合とで、駐車のパフォーマンスに関連する定量的な結果に有意差は現れなかったものの、アンケート結果より、一部のフィードバックシステムが精神的に駐車時の運転をサポートしている可能性を見出した。さらに、フィードバックシステムの中では視覚フィードバックが最も満足度が高く、振動フィードバックは最も満足度が低いことがわかった。本研究の結果が、自動車の運転支援におけるフィードバック技術の設計・検討に対して、有益な示唆を提供することを期待する。

謝辞

本研究の一部は、JST AIP 加速課題(課題番号: JPMJCR25U4)の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] トヨタ自動車株式会社, “安全への取り組み”, トヨタ公式サイト, (2025年5月29日取得, <https://toyota.jp/safety/>).
- [2] 本田技研工業株式会社, “Honda SENSING”, Honda 公式サイト, (2025年5月29日取得, <https://www.honda.co.jp/hondasensing/>).
- [3] 酒井 克博, “スマートパーキングアシストの操舵制御”, 計測と制御, Vol.52, No.5 (2013).
- [4] 関 恵美, 小野 龍一, 羽田 久一, “駐車支援のためのステアリング上舵角指示の検討”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.19, No.4 (2017).
- [5] トヨタ自動車株式会社, “見えにくい後方の安全を支援(パーキングサポート)”, トヨタ公式サイト, (2025年5月29日取得, <https://toyota.jp/safety/scene/parking/index6.html>).
- [6] 本田技研工業株式会社, “リアカメラ de あんしんプラス 4”, Honda ACCESS 公式サイト, (2025年5月29日取得, https://www.honda.co.jp/ACCESS/rear_camera_de_anshin4/).
- [7] Ma Yifan, Liu Yue, Shao Shiyu, Zhao Jie, Tang Jun, “Review of Research on Vision-Based Parking Space Detection Method”, International Journal of Web Services Research (IJWSR), Vol.19, No.1 (2022).
- [8] Tanaka Takahiro, Fujikake Kazuhiro, Yonekawa Takashi, Yamagishi Misako, Inagami Makoto, Kinoshita Fumiya, Aoki Hirofumi, Kanamori Hitoshi, “Driver Agent for Encouraging Safe Driving Behavior for the Elderly”, Proceedings of the 5th International Conference on Human Agent Interaction, HAI '17, p. 71–79 (2017).
- [9] Zhu Yancong, Liu Wei, Zhu Di, “Design Research on Vibration Tactile Feedback in Vehicle Navigation Information Application”, Proceedings of the Eighth International Workshop of Chi-

nese CHI, Chinese CHI '20, p. 47–56 (2020).

- [10] Sucu Burkay, Folmer Eelke, “Haptic interface for non-visual steering”, Proceedings of the 2013 International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI '13, p. 427–434 (2013).
- [11] Dmitrenko Dmitrijs, Maggioni Emanuela, Obrist Marianna, “Towards a Framework for Validating the Matching Between Notifications and Scents in Olfactory In-Car Interaction”, Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '19, p. 1–6 (2019).
- [12] Di Campli San Vito Patrizia, Brewster Stephen, Pollick Frank, Thompson Simon, Skrypchuk Lee, Mouzakitis Alexandros, “Purring Wheel: Thermal and Vibrotactile Notifications on the Steering Wheel”, Proceedings of the 2020 International Conference on Multimodal Interaction, ICMI '20, p. 461–469 (2020).
- [13] Gomes Guilherme Daniel, Flynn Ronan, Murray Niall, “HEDGE-HOG: A Steering Wheel Prototype to Continuously Enhance Driver's Situation Awareness During Conditional Vehicle Automation”, Adjunct Proceedings of the 14th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, AutomotiveUI '22, p. 222–225 (2022).
- [14] Farooq Ahmed, Venesvirta Hanna, Sinivaara Hasse, Laaksonen Mikko, Hippula Arto, Surakka Veikko, Raisamo Roope, “Origo Steering Wheel: Improving Tactile Feedback for Steering Wheel IVIS Interaction using Embedded Haptic Wave Guides and Constructive Wave Interference”, 13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, AutomotiveUI '21 Adjunct, p. 86–91 (2021).
- [15] Lee Okkeun, Currano Rebecca, Miller Dave, Kim Hyochang, Sirkin David, “Designing Visual Signals to Support Situation Awareness Recovery in Conditional Automated Driving”, Proceedings of the 16th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, AutomotiveUI '24, p. 248–258 (2024).
- [16] Ma Zhuoluo, Liu Yue, Ye Dejiang, Zhao Lu, “Vibrotactile Wristband for Warning and Guiding in Automated Vehicles”, Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '19, p. 1–6 (2019).
- [17] Jansen Pascal, Colley Mark, Rukzio Enrico, “A Design Space for Human Sensor and Actuator Focused In-Vehicle Interaction Based on a Systematic Literature Review”, Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol, Vol. 6, No. 2 (2022).
- [18] Lauber Felix, Butz Andreas, “In-your-face, yet unseen? improving head-stabilized warnings to reduce reaction time”, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '14, p. 3201–3204 (2014).
- [19] Johns Mishel, Mok Brian, Talamonti Walter, Sibi Srinath, Ju Wendy, “Looking ahead: Anticipatory interfaces for driver-automation collaboration”, 2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), p. 1–7 (2017).
- [20] Mok Brian, Johns Mishel, Yang Stephen, Ju Wendy, “Reinventing the Wheel: Transforming Steering Wheel Systems for Autonomous Vehicles”, Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '17, p. 229–241 (2017).
- [21] Ibragimova Eleonora, Mueller Nick, Vermeeren Arnold, Vink Peter, “The Smart Steering Wheel Cover: Motivating Safe and Efficient Driving”, Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '15, p. 169 (2015).
- [22] Wilfinger David, Murer Martin, Osswald Sebastian, Meschtscherjakov Alexander, Tscheligi Manfred, “The wheels are turning: content rotation on steering wheel displays”, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '13, p. 1809–1812 (2013).