



熟練ドライバの運転操作追体験による 運転技能向上手法の提案

Proposal of Driving Skill Improvement Method
by Reliving Driving Operation of a Skilled Driver

加藤颯¹⁾, 佐藤能英瑠¹⁾, 鳥居武史¹⁾
Riku KATO, Noeru SATO, and Takeshi TORII

1) 株式会社SUBARU 技術研究所 (〒181-8577 東京都三鷹市大沢 3-9-6, katou.riku@subaru.co.jp)

概要：非熟練ドライバの効果的な運転技能向上を目的として、熟練ドライバの運転操作を追体験可能な運転訓練システムを考案した。追体験ではドライビングシミュレータ及びバーチャルリアリティシステムを活用して、熟練ドライバの運転操作の観察と模倣を行なうことで、状況に合わせた最適な運転操作を体感、学習することができる。追体験によって、熟練ドライバの操舵やペダルの操作を把握し、不安定な車両挙動につながる運転操作が減少する可能性が示唆された。

キーワード：追体験、運転技能、ドライビングシミュレータ

1. はじめに

本研究では、自動車の運転技能を向上させる手段として、熟練ドライバの運転操作の様子を観察、模倣する「追体験」によって、適切な操作タイミングや操作量を学習可能なシステムを提案し、その効果について検証したので報告する。ここで追体験とは、他人の行動を後からなぞり、自分の体験のようにとらえることを指す。

自動車の運転を安全に愉しむためには、ドライバの運転技能の向上及び維持が必要である。一般のドライバが運転技能の向上を図ろうとした場合、教習所で行なわれる講習会への参加や、運転評価アプリの活用^[1]といった方法が考えられる。また、運転操作により生じる車両挙動から、乗員の体の動きに与える影響を推定し、運転技能の評価及びアドバイスを行なうシステムが開発されている^[2]。これらの方法を活用した運転訓練では、運転操作に対するアドバイス等を音声や文字情報としてドライバが受け取る。その際に、例えば「もう少しゆっくり減速しましょう」というアドバイスを受けても、ドライバ毎に「もう少し」や「ゆっくり」といった言葉の解釈は異なり、適切な運転操作を正確に理解することは難しいという課題が考えられる。

一方で、運転に限らず、ある動作や技能を効率的に習得する手法として、熟練者の視線や身体の動きを知ることが有効であるといわれている^{[3]-[4]}。これらの方法は、一人称視点での熟練者の動作の観察や、動作時の刺激を追体験することで、カンやコツといった言語化が困難な技能の伝達が可能となっている。

以上のことから、運転技能においても、非熟練ドライバが、熟練ドライバの運転操作を追体験することで効率的に運転技能を向上させることができると仮説を立てた。そこで、まずは熟練ドライバの操舵及びペダル操作に関する追体験が非熟練ドライバの運転操作にどのような影響を与えるのか検証することを目的として、ドライビングシミュレータ(以下、DS)及びバーチャルリアリティシステム(以下、VRシステム)を用いた、追体験システムを提案した。そして、このシステムを用いて非熟練ドライバが熟練ドライバの運転操作を追体験した際の影響について検証実験を行なった。

2. 追体験システム

2.1 追体験システムの概要

提案した追体験システムは、まず DS (T3R:株式会社アイロック社製) 及び VR システム (VIVE Pro Eye : HTC 社製) を用いて、熟練ドライバが走行した際の操舵及びペダル操作、車両の揺れや走行音といった走行データを記録する。この時記録している情報、つまり訓練者が追体験可能な情報を表 1 にまとめる。

表 1 追体験可能な情報

触覚情報	前後左右方向のシートの揺れ
視覚情報	ステアリングの動き アクセル・ブレーキペダルの操作量とタイミング
聴覚情報	走行音

そして訓練者は、DSのリプレイ機能を用いて、図1に示すように、装着しているVRシステム上で、表1に示す熟練ドライバ運転時の情報を追体験できる。訓練者がVRシステム上で観察できる熟練ドライバの運転操作に合わせて、実際に操舵及びペダル操作を行なうことで、適切な運転操作を学習することができる。なお、追体験の最中、ステアリング及びペダルは、熟練ドライバの運転操作に合わせて動作はしない。また、追体験中の訓練者の操作は、車両の挙動には影響しないようになっている。



図1 追体験システムの概要

また、熟練ドライバのペダル操作については図2に示すように、アクセルとブレーキで異なる色のバーが上下するインジケータで確認することができる。



図2 ペダル操作の表示方法

2.2 追体験する走行データの選定について

今回、非熟練ドライバが追体験する走行データは、社内において一定以上の運転技能を習得しており、経常的に運転技能の向上及び維持のための訓練を行なっている熟練ドライバの走行データを用いた。具体的には、複数の熟練ドライバの方に図3に示すコースを10周していただき、各走行周の平均車速のばらつきや、カーブ走行時の修正舵が少なく、安定した走行を行なっていたドライバのデータを選定した。

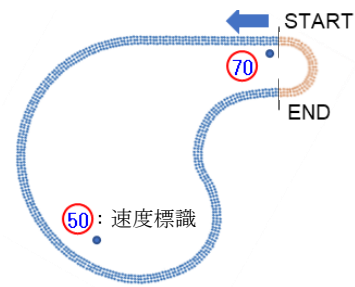


図3 走行コース（1周約570m）

3. 検証実験

3.1 目的

提案した追体験システムの効果を検証するため、非熟練ドライバが追体験を行なう前の走行と、熟練ドライバの追体験を行なった後の走行との比較を行ない、運転操作の変容を確認した。

3.2 実験方法

3.2.1 実験参加者

実験参加者には自動車免許を所持しており、VRシステムの使用経験のある20~30歳代の男女8名を選定した。

3.2.2 実験手順

熟練ドライバの運転操作追体験による効果を検証するため、表2に示す流れで検証実験を実施した。また、実験は参加者への負担を考慮し、2日間に分けて実施した。走行するコースはすべて図2に示すコースとした。

表2 実験の手順

1日目	2日目
①実験概要説明	⑥実験概要説明
②練習走行（3周）	⑦練習走行（3周）
③計測準備	⑧追体験（5周）
④計測走行（5周）	⑨計測準備
⑤アンケート回答	⑩計測走行（5周）
	⑪アンケート回答

実験参加者はまず、DSの操作に慣れる練習走行の後に、追体験前の走行データの計測として、一般道の走行を想定し同乗者が安心するよう心がけて運転する。

その後、熟練ドライバの運転操作の追体験を行なう。追体験の際には、実験参加者は、映像上の熟練ドライバの操舵及びペダル操作を確認しながら合わせて操作することで適切な操作タイミングと操作量を確認する。また、5週の追体験の間、常に操舵とペダル操作両方の状況を把握するよう強制はせず、確認及び模倣できる範囲内で追体験するよう教示を行なった。

そして最後に、追体験した際の熟練ドライバの操舵とペダル操作を参考にしたうえで、同乗者が安心するような走行を心がけて走行する。

3.2.3 計測項目

追体験による運転操作や視認行動の変容の確認を行なうため、計測走行及び追体験の際には、表2に示す項目の計測を実施した。また、実験後には追体験において参考になった点や気になった点等をアンケートで取得した。

表2 計測項目一覧

計測項目	計測機器、ソフト
車両データ	Motec
視線	VIVE Pro Eye
主観評価	アンケート
ドライバ動画	LogicoolC920
実験風景動画	LogicoolC920

4. 実験結果

解析では、まず追体験によって非熟練ドライバの運転操作がどのように変容したかを確認した。そのために、非熟練ドライバの追体験前後での操舵及びペダル操作の傾向と、熟練ドライバの操舵及びペダル操作の傾向を比較した。次に、運転技能の指標として車両挙動の安定度に着目し、追体験による運転操作の変容が運転技能の向上に繋がったのかを確認した。なお、解析には、図3に示すコースにおける橙色の折り返し区間を除いた青色の区間を用いた。

4.1 追体験前後での操舵及びペダル操作の比較

熟練ドライバの運転操作を追体験することによって、非熟練ドライバの操舵及びペダル操作のタイミングや操作量が熟練ドライバの操作に近づくことが考えられる。そこで、動的時間伸縮法 (Dynamic Time Warping, 以下, DTW) を用いて、熟練ドライバと非熟練ドライバの操舵角及びアクセルペダル開度、ブレーキペダル開度の波形の乖離度を算出した。DTWは図4に示すように、2つの波形の各点の距離が最短となる距離の総和を算出する手法であり、DTWによって求めた距離の総和を熟練ドライバと非熟練ドライバの波形との乖離度の指標として使用した。

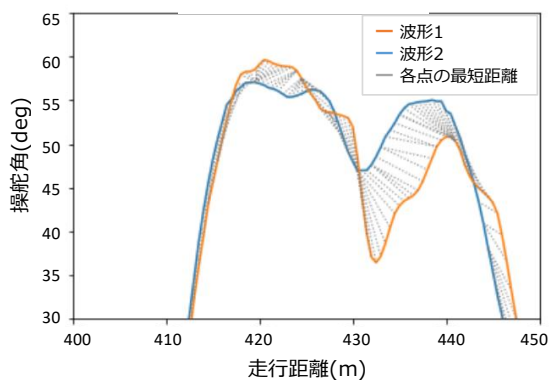


図4 DTWの概要

追体験によって非熟練ドライバの運転操作が熟練ドライバの運転操作に近づく場合、「熟練ドライバの波形と追体験前の波形（以下、熟練—追体験前）」の乖離度に比べ、

「熟練ドライバの波形と追体験後の波形（以下、熟練—追体験後）」の乖離度が減少することが考えられる。そこで、図5に示すように、熟練ドライバの10周走行分の平均波形と、非熟練ドライバの追体験前後における5周分の各波形との乖離度を算出し、ウィルコクソンの符号順位検定を用いて検定を行なった。

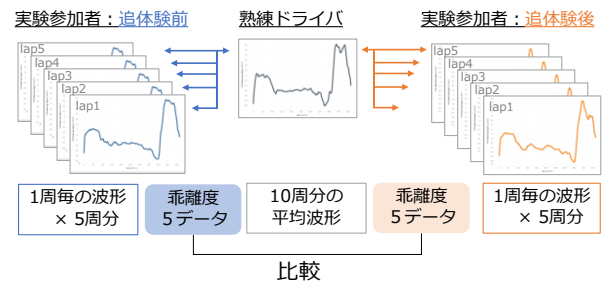


図5 追体験前後での運転操作の比較方法

各波形間の乖離度を算出し、検定を行なった結果、熟練—追体験前の乖離度に比べ、熟練—追体験後の乖離度が有意に増加した参加者は0/8名であった。このことから、操舵及びペダル操作ともに、追体験によって熟練ドライバの操作傾向から遠ざかった参加者はいないことがいえる。

また、操舵及びペダル操作のどちらかにおいて、熟練—追体験前の乖離度に比べ、熟練—追体験後の乖離度が有意に減少した参加者は7/8名であった。各操作における内訳は、操舵角: 4/8名、アクセル開度: 2/8名、ブレーキ開度: 3/8名の参加者で有意な乖離度の減少がみられた。以上の結果から、追体験によって、非熟練ドライバの運転操作が熟練ドライバの運転操作に近づく傾向が確認できた。

4.2 追体験前後での車両挙動の安定度の比較

次に、非熟練ドライバの運転操作が熟練ドライバの運転操作に近づいたことによって、運転技能の指標である車両挙動が安定化したかを確認した。具体的には、コース1周走行毎の左右ジャークの平均値を5周分算出し、追体験前後で比較することで、車両挙動の安定度を比較した。

左右ジャークにおいて、ウィルコクソンの符号順位検定を用いて検定を行なった結果、追体験前に比べ、追体験後の左右ジャークが有意に減少したのは1/8名、有意に増加したのは6/8名であった。

この結果の原因のひとつとして、非熟練ドライバの追体験前後での走行において、車速が大きく変化することが考えられる。追体験前後では、図6に示すように、追体験後にコースを1周する間の平均車速が増加した参加者が7/8名であり、参加者によっては15km/hほど増加している。これは、熟練ドライバの運転操作を追体験した結果、ペダルの操作量が熟練ドライバに近づいたと考えられる。そのため、図6からもわかるように、追体験後の非熟練ドライバの平均車速が、熟練ドライバの平均車速（約55km/h）に近づいた。

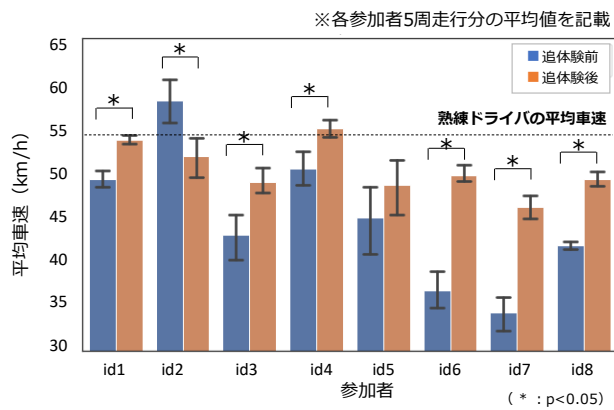


図6 追体験前後での平均車速の変化

車速が速いほど、車両のコントロールは難しくなることが考えられる。そこで、左右ジャークと同様に、追体験前後での平均車速についても比較を行なった結果、追体験後の車速が有意に減少したのは参加者1/8名、有意に増加したのは6/8名であった。左右ジャーク、車速ともに追体験後に有意に値が減少した参加者は同一人物であり、図7に示すように、車速の大きさが左右ジャークの大きさに影響していることが確認できた。

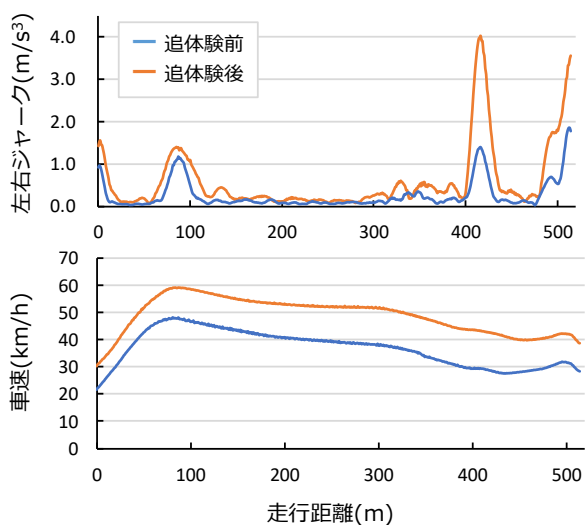


図7 追体験前後における車速と左右ジャークの関係 (id8の5周走行分の平均値を表示)

つまり、今回の結果において、追体験後に左右ジャークの値が増加した原因については、熟練ドライバーのペダル操作を追体験したことによる車速の増加が原因のひとつとして含まれており、純粋に追体験によって車両をコントロールする技能が向上したかを検証することが難しい。そのため、今後は車速と左右ジャークの関係性を考慮して、追体験の効果を検証できるよう、低速走行時の熟練ドライバーデータと比較を行なうことや、追体験前後で大きな車速の変化が起こらないような実験条件の設定が必要となる。

5. まとめ

本研究では、DS及びVRシステムを用いた熟練ドライバーの運転操作が追体験可能なシステムを提案し、その効果の検証実験を行なった。その結果、以下に示す知見を得た。

- 1) 非熟練ドライバーが、熟練ドライバーの操舵及びペダル操作の追体験を行なうことによって、操作のタイミングや量といった操作傾向が熟練ドライバーに近づくことが確認できた。
- 2) 熟練ドライバーのペダル操作の追体験によって、非熟練ドライバーの車速が熟練ドライバーの車速に近づくことがわかった。また、追体験後の車速が増加したことに伴い、車両挙動の安定度を表す左右ジャークが増加した。
- 3) 追体験による運転技能の向上効果を検証するには、車速と左右ジャークの関係性を考慮した解析や実験条件の検討が必要となる。

また、本実験では熟練ドライバーの運転操作のタイミング及び量を主に視覚情報として追体験可能なシステムを用いた。視覚情報以外にも、音声などの聴覚刺激による提示や、熟練ドライバーの操作に合わせてステアリングやペダルが自動で動く触覚刺激による提示方法が考えられる。そのため今後は、より効果的に運転技能を向上させるためには、熟練ドライバーの運転操作をどのような提示方法、または順序で追体験すればよいか検証することが必要であると考えられる。

参考文献

- [1] 三井住友海上, スマ保『運転力』診断, 三井住友海上, <https://www.ms-ins.com/sumaho/untent.html>, 2012.
- [2] 沖田, 他: インテリジェント ドライブ マスタ (i-DM) の概要, マツダ技報, No. 29, pp. 20-24, 2011.
- [3] 檜山, 他: 一人称視点からの多感覚追体験による伝統技能教示支援, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 4, pp. 643-652, 2011.
- [4] 田川, 他: 一人称視線映像と誘導力提示による腹腔鏡下手術手技のVR訓練システム, 日本VR医学会論文誌, Vol. 10, No. 1, pp. 11-18, 2012.