



修士論文

Motor Learning を用いた仮想空間
一般道運転体験システムによる
認知モデルに基づいた教育

早稲田大学大学院基幹理工学研究科

情報理工・情報通信専攻

小林明弘

学籍番号

5115F030-6

提出年月日

2017年1月30日

指導教授

中島達夫

The Driving Simulator for Education Based on Cognitive Model with Motor Learning

Akihiro Kobayashi

Thesis submitted in partial fulfillment of
The requirements for the degree of
Master in Computer Science and Communications Engineering

Student ID 5115F030-6

Submission Date Jan 30. 2017

Supervisor Prof. Tatsuo NAKAJIMA

Department of Computer Science and Communications Engineering
Graduate School of Fundamental Science and Engineering
WASEDA University



概要

本論文では、著者が過去に開発した、ドライバーが自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるように教育するためのドライビングシミュレータを改良した。その上で、従来の教育法から得られていた教育効果はそのままに、被験者がシミュレーション中に受ける心理的ストレスを減らすために、用いる教育法を Knowledge of Results と不快感を組み合わせた Motor Learning から、Knowledge of Results と Knowledge of Performance を組み合わせた Motor Learning に変更した。

Abstract

This paper shows the improvement of the new driving simulator system for improvement of self-assessment about driving consciousness. Through the improvement, by changing the educational method, motor learning with Knowledge of Results and Knowledge of Performance, we discussed that this system can decrease psychological stress and keep the teaching effectiveness compared with the conventional systems based on motor learning with Knowledge of Results and unpleasantness.

目次

目次.....	iii
図目次.....	vi
表目次.....	vii
1. 序論.....	1
1.1. 背景.....	1
1.1.1. 現在の交通事故発生状況.....	1
1.1.2. 認知モデルに基づいた教育.....	2
1.1.3. 簡易型の小型ドライビングシミュレータ.....	3
1.1.4. 問題点.....	4
1.2. 本論文について.....	4
1.3. 論文構成.....	4
2. 関連研究.....	6
2.1. 自動車運転におけるヒューマンエラー.....	6
2.1.1. ヒューマンエラー.....	6
2.1.2. リスクホメオスタシス理論.....	6
2.1.3. ケスキネンの階層モデルと2つのモデル.....	7
2.1.4. 認知モデルに基づいた自動車運転に対する教育.....	7
2.1.5. ドライビングシミュレーション.....	8
2.1.6. 接近離間検出と動体検出.....	8
2.2. 教育手法.....	9
2.2.1. Motor learning.....	9
2.2.2. Knowledge of Results (KR).....	9
2.2.3. Knowledge of Performance (KP).....	9
2.3. 不快ストレス.....	10
2.3.1. 不快ストレスとインターフェース.....	10
2.3.2. 不快ストレスとモチベーション.....	10
2.4. 評価.....	10
2.4.1. 自分の運転行動に対する自己評価の測定.....	10
2.4.2. 心理的ストレスの測定.....	11

3.	実装.....	13
3.1.	簡易型の小型ドライビングシミュレータ	13
3.1.1.	制作目的	13
3.1.2.	進行	13
3.2.	特徴.....	14
3.2.1.	運転行動判定機能.....	14
3.2.2.	運転行動録画機能.....	14
3.2.3.	アラート機能.....	14
3.2.4.	運転行動評価機能.....	15
3.3.	KR と不快感を組み合わせた Motor Learning.....	15
3.4.	KR と KP を組み合わせた Motor Learning.....	15
3.5.	デバイス	16
3.5.1.	デバイス制御	16
3.5.2.	入力デバイス	16
3.5.3.	出力デバイス	16
3.6.	従来の教育との比較	16
3.6.1.	ドライブレコーダーによる教育との比較.....	17
3.6.2.	ドライビングシミュレータとコーチング技法を併用した教育との比較.....	17
3.6.3.	過去に開発したドライビングシミュレータとの比較.....	18
4.	実験.....	19
4.1.	目的.....	19
4.2.	実験.....	19
4.2.1.	実験対象	19
4.2.2.	事前準備	19
4.2.3.	実験	20
5.	結果.....	21
5.1.	DBQ を用いたアンケート結果	21
5.2.	ドライビングシミュレータ内での運転行動の判定結果	21
5.3.	SRS-18 を用いたアンケート結果.....	22
6.	考察.....	24
6.1.	心理的ストレスに関する検討.....	24
6.2.	自己評価能力に関する検討.....	26

6.2.1. KR と不快感を組み合わせた Motor Learning.....	26
6.2.2. KR と KP を組み合わせた Motor Learning	30
6.2.3. 2つの教育法と自己評価.....	34
7. 結論.....	36
8. 展望・将来課題	37
8.1. 展望.....	37
8.2. 将来課題	38
9. 謝辞.....	39
10. 参考文献	40

図目次

図 1-1 危険な運転行動をした瞬間に表示される文字による結果のフィードバック	4
図 3-1 シミュレーション画面.....	13
図 3-2 評価画面	14
図 4-1 実験の様子.....	20
図 6-1 全被験者における「不機嫌・怒り」に関する因子の合計.....	25

表目次

表 2-1 DBQ	11
表 2-2 SRS-18.....	12
表 3-1 運転行動判定項目	14
表 4-1 DBQ を用いた質問紙.....	20
表 4-2 タイプと振り返り方による場合分け.....	20
表 5-1 DBQ によるアンケート結果.....	21
表 5-2 被験者の運転行動の判定結果.....	22
表 5-3 SRS-18 によるアンケート結果.....	23
表 6-1 各被験者における SRS-18 に対する回答のポイントの和.....	24
表 6-2 各被験者における SRS-18 「不機嫌・怒り」に対する回答のポイントの和....	25
表 6-3 6.2.1 節において抽出した項目(危険な運転行動).....	26
表 6-4 6.2.1 節において抽出した項目(危険でない運転行動):その 1.....	28
表 6-5 6.2.1 節において抽出した項目(危険でない運転行動):その 2.....	29
表 6-6 6.2.2 節において抽出した項目(危険な運転行動).....	31
表 6-7 6.2.2 節において抽出した項目(危険でない運転行動):その 1.....	32
表 6-8 6.2.2 節において抽出した項目(危険でない運転行動):その 2.....	33

1. 序論

1.1. 背景

この節では本論文についての背景を説明する。

1.1.1. 現在の交通事故発生状況

自動車が普及してから長い年月が経つ。最近では交通環境も整備され、従来に比べて自動車による交通事故発生件数も減少している。しかし、自動車運転時の平成 26 年度の交通事故発生状況に関する資料を見てみると、交通事故は約 57 万件発生している。交通事故が発生した原因を見てみると、交通事故原因を占める割合が大きい順に「安全不確認(構成比率 30.6%)」「脇見運転(構成比率 16.8%)」「動静不注視(構成比率 11.4%)」が挙げられる。さらに、これらと「漠然運転」「安全速度違反」「運転操作不適」を合わせた「安全運転義務違反」を原因とした交通事故が構成比率 75.9%を占めている。いずれの事故原因も、ドライバーが認知を怠った、もしくは判断を誤ったために発生していることが分かる。これらのことから、現在発生している交通事故の半数以上はドライバーのヒューマンエラー(誤った判断)が原因であると考えることができる。このことから、ドライバーのヒューマンエラー発生確率を下げる対策が必要であることが分かる。

今までも、運転時においてドライバーのヒューマンエラー発生確率を下げるために研究が行われてきた。ケスキネン(1996)は運転時にいかにして自身の運転行動を客観的に評価できるかということは、先行車両への接近や速度オーバーなどの危険な運転行動、標識等の見落とし等のヒューマンエラーを防ぐことに繋がるということを示した¹。また、関連して、運転に対する過度な自己評価が原因で、自動車による交通事故率が増加した事例が存在する。北欧では自動車免許を取得する際、スキッド訓練(スキッドコースで車を滑らせて、立て直す訓練)が導入していた時期があった。しかしこの訓練を導入後、自動車による交通事故率が上昇してしまった。フィンランドではスキッドトレーニングの導入前後で、男女関係なく自動車による交通事故率は2%以上増える結果となった。このような結果になった原因の一つとして、スキッドトレーニングがドライバーに自身の運転行動に対して過剰な自己評価を植え付けるきっかけを与えてしまったことが挙げられている²。

¹ Keskinen E. Why do young drivers have more accidents? Junge Fahrer und Fahrerinnen. Referate der Ersten Interdisziplinären Fachkonferenz, December 12–14, 1994 in Köln. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit, Heft M 52 1996.

² 太田博雄(2011)「高齢ドライバーのためのミラーリング法によるメタ認知教育プログラム開発」,『平成 23 年度(本報告)タカタ財団助成研究論文』,pp.1-52, 公益財団法人タカタ財団.

1.1.2. 認知モデルに基づいた教育

ドライバーが自身の運転行動について客観的に評価できるようにするには、ドライバーに対して認知モデルに基づいた教育を行うことが有用である。認知モデルとは、ドライバーが安全に運転することはドライバー自身が交通環境をどのように認知・対処するかに依存しているという考え方である。また、教育から学んだことを実践で活かすためには、継続的にその教育を受けることが必要である。

認知モデルに基づいた教育には、ドライブレコーダーを用いた教育、ドライビングシミュレータとコーチング技法を併用した教育が挙げられる。

まず、ドライブレコーダーを用いた教育について説明する。例えば、ドライブレコーダーで録画した自分の運転を複数人で視聴及び討論を交わすといった教育が挙げられる。この方法により、ドライバー自身の自己評価能力を向上させることができる。教育対象となっているドライバーが、他ドライバーが起こした事故に直結する可能性のある運転行動を見ることで、危険な運転行動を起こさないためにはどうすればよいか理解を深める。さらに、ドライブレコーダーの録画機能によって自身の運転行動を客観視できるため、自身が行った運転行動とそれに対する自己評価の差をなくすことができる。

次に、ドライビングシミュレータとコーチング技法を併用した教育について説明する。太田ら(2007)は、ドライビングシミュレータとコーチング技法を併用した教育を提案した³。コーチング技法とは、被験者の持っている答えを被験者自身に気づかせるために、コーチが適切な質問を投げかけていく手法である。ドライビングシミュレータを通して被験者が日常の運転ぶりを振り返り、コーチング技法により被験者に自身が抱える課題について気づかせることによって、ドライバー自身の自己評価能力を向上させる教育である。

しかし、これらの教育は以下に挙げる問題が存在する。

ドライブレコーダーは「教育が必要な部分を探すのに時間がかかる」「必要な映像を探すのに時間がかかる」「記録された映像が不鮮明」といった欠点がある。そのため、ドライブレコーダーを用いた教育は、映像を探す等の行動が必要になり多くの時間を要するため、継続的に教育を受けるには非効率である。

また、太田らが提案したドライビングシミュレータとコーチング技法を併用した教育では、用いたドライビングシミュレータはとても高額(約 30 万円ほど)且つ広いスペースを必要とする。さらに、被験者に自身が抱える課題について気づかせるためには、コーチが必要になる。このことから、誰もがこのドライビングシミュレータを用いて教育を継続的に受けることができるとは言い難い。

³ 太田博雄,中西盟,加藤良隆. (2007). ドライビング・シミュレータを利用した若年運転者のための安全教育 -コーチング技法を応用した教育プログラム開発-,国際交通安全学会誌 32(4),pp.49-58, 国際交通安全学会.

1.1.3. 簡易型の小型ドライビングシミュレータ

著者は過去にこれらの問題を解決するために簡易型の小型ドライビングシミュレータを開発した⁴。このドライビングシミュレータを用いることによって、認知モデルに基づいた教育、つまりドライバーが自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるように教育を行うことが可能である。

このドライビングシミュレータの特徴は、Knowledge of Results(以下 KR)と不快感を組み合わせた Motor Learning という教育法を用いることで、被験者自身の運転行動についての自己評価能力を高める点である。被験者は自らの行為に対する評価をシミュレーション中に継続的に受け取ることができる。継続的なフィードバックが、被験者自身の運転行動について振り返るきっかけを与えることにより、自身の運転行動について客観的に評価できるようになる。

具体的には「被験者が危険な運転行動をした瞬間に、運転行動を中断させ危険な運転行動をした部分に対して文字による結果のフィードバックを与える」機能を実装している。これによって、被験者が危険な運転行動をした瞬間に、その運転行動についての自己評価を振り返る機会を提供できるようにした(図 1-1 参照)。また、「被験者が危険な運転行動をした瞬間に、運転行動を中断させ危険な運転行動をした部分に対して文字による結果のフィードバックを与える」という仕様となっている理由は2つ存在する。一つ目は、KRに関する知見を活かすためである。被験者が行った運動行動に対して外部から知識を与える際、運動行動を終えてから知識を与えるまでの時間が長いほど、被験者が自ら行った運転行動について忘却してしまうため、知識付与による学習効果が低下することが明らかになっている。そのため、危険な運転行動をした瞬間に文字による結果のフィードバックを与えるという仕様となっている。二つ目は、被験者にあえて不快感を与えるためである。ユーザーに警告を発する場面のインターフェースにおいて、人が不快に感じるインターフェースを適用することで、警告メッセージの注意喚起が強化されることが明らかになっている。開発したドライビングシミュレータでは、文字による結果のフィードバックが画面に表示されることにより一定時間シミュレーション画面が見えなくなる点と、文字による結果のフィードバック表示中は一切の操作を受け付けないという点が、人に不快と感じさせる要素となっている。

⁴ 小林明弘. (2015). 仮想空間一般道運転体験システムによる認知モデルに基づいた教育提案.



図 1-1 危険な運転行動をした瞬間に表示される文字による結果のフィードバック

1.1.4. 問題点

著者が過去に開発したドライビングシミュレータについて、継続的に教育を受けるという観点において、被験者が継続的に教育を受けるモチベーションを保てるようなドライビングシミュレータなのかについて言及されていない。教育から学んだことを実践で活かすためには、継続的にその教育を受けることが必要である。この点に関して、著者が過去に開発したドライビングシミュレータに搭載されている「被験者が危険な運転行動をした瞬間に、運転行動を中断させ危険な運転行動をした部分に対して文字による結果のフィードバックを与える」という機能に対して、「運転中に操作制限や視界が変化するのは不愉快」といった意見が挙げられた。操作制限等における不快感から生じる不快ストレスは、継続的に教育を行うために必要となるモチベーションを低下させることが明らかになっている。

1.2. 本論文について

本論文では、著者が過去に開発した、ドライバーが自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるように教育するためのドライビングシミュレータを改良した。その上で、従来の教育法から得られていた教育効果はそのままに、被験者がシミュレーション中に受ける心理的ストレスを減らすために、用いる教育法を KR と不快感を組み合わせた Motor Learning から KR と Knowledge of Performance(以下 KP)を組み合わせた Motor Learning に変更した。

1.3. 論文構成

本論文は 5 つの章で構成されている。第 1 章では導入として、本研究の研究背景及び目的を述べた。第 2 章では本論文の内容に関連する研究について述べる。第 3 章では、実験のために行った実装について述べる。第 4 章では実験の内容を述べる。第 5 章では実験の結果を述べる。第 6 章では、実験結果を元に考察を行う。第 7 章では結論を述べる。第 8 章では展望と将来課題について述べる。

2. 関連研究

2.1. 自動車運転におけるヒューマンエラー

この節では、現在の自動車運転時に発生しているヒューマンエラーについて説明する。

2.1.1. ヒューマンエラー

ヒューマンエラーとはヒューマン・マシン・システムのパフォーマンスを阻害し、事故やトラブルを引き起こす人間の決定及び行動のことである。特に自動車運転時におけるヒューマンエラーとは「安全の確認不十分」「安全確認なし」「相手発見も危険度を誤判断」「意識の脇見」「不要な脇見」「相手発見も危険度を誤判断」「必要な脇見」「他の判断や操作上の誤り」といった、ドライバーによる認知及び判断の怠りもしくは誤りのことである⁵。

2.1.2. リスクホメオスタシス理論

自動車運転時においてヒューマンエラーが発生する原因の一つは、リスクホメオスタシス理論を用いて説明することができる。リスクホメオスタシス理論は、主観的リスク量と知覚的リスク量という 2 つのリスク量が運転行動に影響を与えるということを説明した理論である。

主観的リスク量とは、ドライバーが自身ならこの程度のリスクなら許容できると判断する主観に基づいたリスクの量のことである。主観的リスク量はドライバー自身の過去の運転経験や運転能力を見積もる能力に依存している。知覚的リスク量とは、ドライバーが目視することで判断したリスクの量のことである。知覚的リスク量は事故可能性を見積もる能力に依存している。

これら 2 つのリスク量に関連して、客観的リスク量、身体的リスク量、リスク補償行動という言葉进行定義する。客観的リスク量とは、その交通状況や道路区関等の客観的なリスク量のことである。身体的リスク量とは、ドライバー自身の身体が許容できるリスク量のことである。自動車の運転において、客観的リスク量が身体的リスク量を超えた場合にヒューマンエラーが発生する可能性が高くなる。リスク補償行動とは、ドライバーが意図的に自身を危険な方向に持っていく行動のことである。リスク補償行動が発生すると、どんなに安全な外的環境であっても事故発生確率が低減しないという現象が発生する。リスク補償行動が発生する原因に、ドライバーは主観的リスク量と知覚的リスク量の合計リスク量を身体的リスク量と一致するように行動することが挙げられる。つまり、客観的リスク

⁵ 田久保宣晃(2005)「交通データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察」、『国際交通安全学会誌』30(3),pp.23-32, 国際交通安全学会。

量に関係なく、主観的リスク量と知覚的リスク量の合計リスク量が身体的リスク量よりも多ければ危険と判断し、合計リスク量を減らすために一層安全な運転行動を行う。逆の場合、合計リスク量を増加させるために、危険な行動(リスク補償行動)を行うのである。そのため、例えばある道路を運転している際、そこが客観的にとても危険な道であったとしても、あるドライバーには危険と感じない道路であったならば、そのドライバーは自動車のスピードをさらに上げる等の危険な運転行動を行う。

以上のことから、自動車の運転においてヒューマンエラーが発生しやすくなる原因の一つは、リスク補償行動による客観的リスク量の増加によって、客観的リスク量が身体的リスク量よりも多くなる可能性が高まるためである。

2.1.3. ケスキネンの階層モデルと2つのモデル

ケスキネンの階層モデルとは、ドライバーの運転行動を階層化及びモデル化したものである。この中で、ケスキネンは運転の安全度が運転技能だけで決まるのではないということを確認した。安全のためにどの程度の運転技能が必要かは、上位にある危険予測力の程度によって決定する。どの程度の危険予測力が必要かは、さらに上位にある運転計画性によって決まる。急ぎ運転や危険発生の可能性の高い道を運転するときには、より高い危険予測力及び運転技能が求められる。従って、運転技能のみを向上させても、より上位の資質を高めなければ真の安全性は実現できない。そして、最も高次レベルに位置する資質として自己評価能力、つまり、自身の運転行動について客観的に評価をつけることができる能力が挙げられる。運転時にいかにして自身の運転行動を客観視できるかということは、先行車両への接近や速度オーバーなどの危険な運転行動、標識等の見落としを防ぐことに繋がる。

また、芳賀(2009)はこれに関連して認知モデルとスキルモデルという言葉を定義している。認知モデルとは、ドライバーが安全に運転することはドライバー自身が交通環境をどのように認知・対処するか依存しているという考え方である。スキルモデルとは、ドライバーが安全に運転することはドライバー自身の運転技能に依存しているという考え方である。

2.1.4. 認知モデルに基づいた自動車運転に対する教育

認知モデルに基づいた教育には、ドライブレコーダーやドライビングシミュレータを用いた教育が挙げられる。

まず、ドライブレコーダーを用いた教育について説明する。ドライブレコーダーで録画した自分の運転を複数人で視聴及び討論を交わすことにより、ドライバー自身の自己評価能力を向上させるという教育である。教育対象となっているドライバーが事故に直結

する可能性のある運転行動に対する理解を深めるだけでなく、自身の運転行動を客観視できるため、自身が行った運転行動とそれに対する自己評価の差をなくすることができる。

次に、ドライビングシミュレータを用いた教育について説明する。太田ら(2007)は、ドライビングシミュレータとコーチング技法とを併用した教育を提案した。コーチング技法とは、被験者の持っている答えを被験者自身に気づかせるために、コーチが適切な質問を投げかけていく手法である。ドライビングシミュレータを通して被験者が日常の運転ぶりを振り返り、コーチング技法により被験者に自身が抱える課題について気づかせることによって、ドライバー自身の自己評価能力を向上させるという教育である。

2.1.5. ドライビングシミュレーション

ドライビングシミュレータを利用した研究は各所で実施されている。例えば、実際に存在している道路を仮想空間上に再現することで、実際に自動車で行った場合とドライビングシミュレータを用いて走行した場合における走行挙動の比較を行った研究も存在する。

また、簡易型ドライビングシミュレータを開発する研究も行われている。小川ら(2009)はシミュレータの構成に、市販のゲーム機器と17インチのPC用液晶ディスプレイを用いた。そして、どの程度の大きさの案内標識であればディスプレイ上において適切な視認性を確保できるかを明らかにすることを目的に、簡易ドライビングシミュレータ上における道路案内標識の視認性を検討した。具体的には、交差点案内標識と高速道路における出口案内標識をシミュレータにおける判読距離と文字高の関係について調べ、実際の道路上における道路標識設置基準で定められた判読距離との比較を行った。結果、シミュレータ上では、一般道路では2.5~2.8倍程度、高速道路では3.2~3.7倍程度の拡大率の標識を設置することにより、実際の道路上と同程度の距離での視認性が確保できることが明らかになった。

2.1.6. 接近離間検出と動体検出

ドライバーが外界から情報を検出する際使用している視覚機能として、接近離間検出と動体検出を挙げることができる。

接近離間検出は、ドライバー自身が他の自動車との距離感及び速度感を中心視野部で感じる機能のことを示す。この検出機能は、他の自動車を質点、幅・線、面積という視覚的感覚量として捉え、この3つの要素の変化を感じることで、ドライバー自身との位置感覚を把握している。

動体検出とは周辺視野部で周囲の歩行者等の危険対象物の動きに気づき認識する機能のことを示す。動いている物体を確認する際は、物体がドライバーに向かってくる動きを周

辺視野部で感知し、物体が何かを確認するために中心視部を動かすという一連の動作を行っている。

2.2. 教育手法

この節では、運動行動を教育するためのいくつかの手法について説明する。

2.2.1. Motor learning

Motor learning とは、運動や行為を取得することを目的とした教育法である。学習者が自らの行為に対する評価を継続的に受け取り且つそれを元に学習者が行為に対して修正をかけるといって一連の動作を繰り返すことによって、効率的に運動や行為を取得することが可能となる。

2.2.2. Knowledge of Results (KR)

KR とは、行為の結果に関する情報である。学習者は得られる結果から運動行動に対するエラーを検出し、エラーを修正しながら技能を進歩させる。KR を与えるタイミングについて、試行間隔、KR 遅延、KR 後遅延に分けることができる。この際、KR 遅延が長いほど、学習者が自ら行った運動行動について忘却してしまうため、KR 付与による学習効果が低下する。また、ある動作に対して一定の許容範囲を超えたときのみ KR を与えることによって、学習者のフィードバックへの依存を減らすことが可能である。

2.2.3. Knowledge of Performance (KP)

KP とは、行為の結果に関する付加的な情報である。例えば、ある行為を会得する場合に、学習者に対して学習者自身が今までに行った行為の詳細を動画等によって与えることで、自らの行為の詳細を振り返ることができる。この場合における「動画」が KP である。これに関連して Fukink(2008)の研究では、育児を行う親に対して、自らの子供との触れ合いについて動画によるフィードバックを与えることで、幼い子どもとの交流に熟達し、さらにそこから教育に対するモチベーションが上昇した。また、KR を与える際に、同時に KP を与えることで、単に KR を与えるよりも教育による効果が大きくなる。これは、KR による結果の提示とともに、KP による振り返りの場を提供することで、自らの行動について修正すべき場所をさらに明確化できるためである。

2.3. 不快ストレス

この節では、インターフェースやモチベーションと、不快ストレスの関連性について説明する。そもそもストレスは、快ストレスと不快ストレスに分類することができる。その中で、不快ストレスとは苦痛を伴うストレスのことを示す。

2.3.1. 不快ストレスとインターフェース

ユーザーに警告を発する場面のインターフェースにおいて、人が不快に感じるインターフェースを適用することで、警告メッセージの注意喚起を強化されることを示した事例が存在する。Egelman ら(2008)は、web ブラウザの警告画面について、ユーザーの作業の中断を伴う警告にすることで、警告を無視するユーザーの割合が減少することを明らかにしている。Sankarpandian(2008)が開発した TALC というシステムは、コンピュータ内にインストールされているソフトウェアのうち、脆弱性を持つソフトウェアの存在をデスクトップ上に落書きとして表示する。表示されたくない落書きをデスクトップに表示することで、ユーザーが脆弱性を持つソフトウェアについて対応を行うようにするモチベーションとなっている。

2.3.2. 不快ストレスとモチベーション

木村(2010)は高等教育において、生徒の居眠りや余計なおしゃべり等を原因とした教師のストレスから来る不快な感情(苦しみ、いらだち等)は、教師の認知や行動に関する能力を減退させ、授業中における教師のモチベーションを低下させることを明らかにしている。また、Koestner ら(1984)は、制限的制限条件が人のモチベーションやパフォーマンスを低下させることを明らかにしている。制限的制限条件とは、「してはいけない」といった言葉によって禁止の教示を行う方法である。

2.4. 評価

この節では、本論文で用いる評価手法について説明する。

2.4.1. 自分の運転行動に対する自己評価の測定

JAMES(1990)は driver behavior questionnaire(以下 DBQ)という、主観的リスク量と知覚的リスク量の合計リスク量を測定する質問紙を作成した(表 2-1 参照)。この質問紙における行動タイプは UV: unintentional violations, V: violations, M: mistakes, S: slips の4つに分類され

る。リスクレベルは A: リスク無し, B: 他人にリスクを背負わせる可能性がある, C: 他人にリスクを背負わせることになるという 3 つに分類される。そして、それぞれの項目に対して、被験者は 0(決してない)~5(いつもそうだ)という 6 段階で評価する。

表 2-1 DBQ

質問番号	項目	行動タイプ	リスクレベル
01	自動車側の信号が赤信号！でも通過した。	S	A
02	ふとスピードメーターを見たら、法定速度(一般道:60km/h)を超えていた！	UV	B
03	キーを車内入れたまま、鍵をかけてしまった	S	A
04	速度の遅い自動車が目の前に！不快に感じて、右側車線から抜かした	V	C
05	真夜中の運転！誰もいないいい気になって、国道を全速力で突っ走った	M	B
06	ブレーキを踏む準備もせずに、走り続けた	S	A
07	急いでいる最中の信号待ち！少しでも早く前に進もうと、信号が変わる前に少し前に進んだ	V	C
08	買い物が終わって駐車場へ！だけど、駐車場で自分がどこに駐車したのかを忘れた	S	A
09	今、悩み事の真っ最中...運転中も悩み事について考えていたら反応が遅れ、衝突しそうになった	S	C
10	雨が降ってきた！ワイパーをオンにしようとしたら、間違えてヘッドライトをつけてしまった	S	A
11	トンネルに入ったので、ヘッドライトをオンにしようとしたら間違えてワイパーを動かしてしまった	M	C
12	右折または左折しようとしたら、自分に接近していた他の自動車に気づけなかった	M	A
13	駐車場で駐車しようとしたら隣にぶつけてしまった	S	C
14	運転中に、地図も見ずに知らない道を運転した	S	B
15	高速道路で運転中！高速を降りようとしたら、降りる出口を間違えた	S	A
16	マニュアル運転！今ギアをいくつにしてたっけ？と忘れてしまった(オートマチック車の免許しかもってない人は"0"で)	V	A
17	2車線の高速道路で運転中！速度が遅い自動車が前にいると、危険な状況でも追い越したくなる	S	A
18	目的地に向かって運転中！到着する前に、もっと安全なルートで目的地に到着することができることを知った	V	C
19	信号が赤信号になりそう！でも進んだ	V	A
20	運転中に他の自動車が煽られた！感情に任せて、カーチェイス(幅寄せなどのちよっとした嫌がらせも含む)を繰り広げた	S	C
21	バックミラーの不意で、追い越しをしようとして車線を変えていた後ろの自動車に気づかず、自分も車線変更をしようとした	V	C
22	今、早朝 or 深夜。人通りも少ないから、速度制限を無視して運転した	UV	C
23	運転に関する保険をかけてないけど、乱暴な運転をした	S	A
24	対向車線にいる自動車のことはお構いなしで、自動車のライトを下に向けてなかった	S	B
25	左折時に巻き込み事故を起こした	S	C
26	道路を右折したときに、左側にいる自動車等に気を配るのを忘れていた	V	B
27	軽く酒が入った状態で運転をした	V	C
28	他の運転手に対して嫌がらせ行為(幅寄せ等)を行った	UV	B
29	交差点で赤信号になったばかりの横断歩道を渡っている人に気づけなかった	V	C
30	駐車してはいけな場所ですら駐車！罰金を食らった	S	A
31	前にいる車を追い越そうとした際に、出すスピードを誤った	M	C
32	バックしていたときに、人やモノなどにぶつけた	S	B
33	運転中、バスの後ろや、止めてある自動車から人が出てくるのに気づくのが遅れた	M	C
34	運転ルートを間違えた！交通渋滞に巻き込まれた	M	A
35	目の前にいる速度の遅い自動車を追い越した	V	A
36	前方にいるのは、速度の遅い自動車！追い越すために、一般道なら自分がいる車線内で、高速道路なら縁石に乗り上げてでも追い越した	V	C
37	後ろの自動車が車線を変えて、自分のことを追い越そうとしてきた！わざと自分の車を右に寄せ、相手が追い越しにくいようにした	M	C
38	道路の交差点に差し掛かった際に、間違えて隣の車線に食い込んでしまった	S	A
39	標識を正しく読まず、立ち入り禁止の道へ入ってしまった	V	A
40	バスが動こうとしているときに、バスを優先しようとしなかった	V	B
41	渋滞している列に入るとき、「道を譲ってあげる」というサインが貰えるまで待たず、どんなに入れるスペースが狭くても無理やり入り込もうとした	V	C
42	道路の走行中に、左折時などミラーでのチェックが必要な場所で、チェックを怠った	S	C
43	目の前の自動車が車線変更をしようとしているのに気付かず、こちら側が追い越そうとした	S	C
44	一方通行の道に、間違えて逆向きから入ってしまった	V	C
45	今は真夜中、誰もいない道路を運転中！赤信号を無視して走行した	V	C
46	運転中に地図を見たり、ラジオのチャンネルを変更するなど、前方をあまり気にせず運転した	S	C
47	主要道路から横道に入るときに、歩行者がいることに気づけなかった	S	C
48	他のドライバーと道路でカーチェイスを繰り広げた	V	C
49	一車両しか入れないほど狭い道で、対向車に道を譲らなかつた	V	C
50	滑りやすい道にもかかわらず、極端なブレーキのかけ方をした	M	C
51	交差点で、右に曲がるタイミングを逃した	M	C

2.4.2. 心理的ストレスの測定

鈴木ら(1997)は心理的ストレス反応として表現される怒りや不安などを測定するために、SRS-18 という質問紙を作成した(表 2-2 参照)。各項目は「抑うつ・不安」に関する因子、「不機嫌・怒り」に関する因子、「無気力」に関する因子として分類することができる。そして、分類した各項目の合計得点が、それぞれのストレス反応を測定するとともに、合計得点が心理的ストレス反応全体を示している。評価においては、各項目に対して、被験者は 0(全

くちがう)~3(その通りだ)という 4 段階で評価する.

表 2-2 SRS-18

質問番号	質問項目
01	怒りっぽい
02	悲しい気分だ
03	なんとなく心配だ
04	怒りを感じる
05	泣きたい気持ちだ
06	感情を抑えられない
07	悔しい思いがする
08	不愉快だ
09	気持ちが沈んでいる
10	いらいらする
11	いろいろなことに自信がない
12	何もかもいやだと思ふ
13	よくないことを考える
14	話や行動がまとまらない
15	なぐさめて欲しい
16	根気がない
17	ひとりでいたい気分だ
18	何かに集中できない

3. 実装

3.1. 簡易型の小型ドライビングシミュレータ

本論文で制作した，簡易型の小型ドライビングシミュレータについて説明する．

3.1.1. 制作目的

このドライビングシミュレータを用いることで，ドライバーが自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるようにすることを目的としている．特に，用いる教育法を KR と不快感を組み合わせた Motor Learning から KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更するにあたって，新たに「被験者がシミュレーションを終えた後に，危険な運転行動をした部分に対してリプレイ動画と文字による結果のフィードバックを与える」という機能を実装した．

3.1.2. 進行

本ドライビングシミュレータ(図 3-1 参照)は，目的地へ行くために，ある道路を音声ナビゲーションに従って運転する．音声ナビゲーションは道案内を行うのみである．道中は，道路標識や信号が設置されている他，他の自動車も運転している状況となっている．目的地に到着するとシミュレーションは終了する．シミュレーション終了後，運転行動に対する評価画面が表示される．この画面では，運転した道路に対して設置されていた判定項目名，各判定項目に対する正誤判定，各判定項目に対するリプレイ動画，各判定項目に対するコメントが表示される(図 3-2 参照)．リプレイ動画は，具体的には判定項目ごとに危険な運転行動と判断された前後の，被験者の運転行動を録画した動画である．



図 3-1 シミュレーション画面



図 3-2 評価画面

3.2. 特徴

本ドライビングシミュレータの大きな特徴を説明する。

3.2.1. 運転行動判定機能

信号無視，一時停止無視，速度制限区域における速度違反，他車との接触事故を即座に検知することができる。本ドライビングシミュレータでの判定条件を以下に示す。

表 3-1 運転行動判定項目

判定番号	判定項目	危険な運転行動と判定される条件
01	信号	赤信号にも関わらず道路を通過する
02	一時停止無視	一時停止が必要なエリアで停止することなく走行する
03	速度違反	速度規制区域で制限速度以上のスピードを出す
04	接触事故	シミュレーション中に他車と接触する

3.2.2. 運転行動録画機能

運転行動判定機能により道路交通法に違反したと判定された場合は，その前後の動作をドライビングシミュレータに動画として記録することができる。

3.2.3. アラート機能

運転行動判定機能により道路交通法に違反したと判定された場合は，その時点でシミュレーションの動作を一時停止させ，どの項目について道路交通法に違反したかを表示する

ことができる(図 1-1 参照).

3.2.4. 運転行動評価機能

シミュレーション終了後に、運転行動判定機能により判定されていた全項目を一覧表示することができる。その際、運転行動録画機能と連動することにより、危険な運転行動と判断された項目について、道路交通法に違反した前後の部分を動画で再生することができる(図 3-2 参照).

3.3. KR と不快感を組み合わせた Motor Learning

本ドライビングシミュレータで教育法として KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いるために、3.2 節で挙げた運転行動判定機能とアラート機能を組み合わせ、「被験者が危険な運転行動をした瞬間に、運転行動を中断させ危険な運転行動をした部分に対して文字による結果のフィードバックを与える」という機能を実装した。

KR に関する知見を活かすために、危険な運転行動をした瞬間に、文字による結果のフィードバックを与えるという仕様とした。また、不快感に関する知見を活かすために、文字による結果のフィードバックが画面に表示されることにより一定時間シミュレーション画面が見えなくなる、文字による結果のフィードバック表示中は一切の操作を受け付けないという仕様にした。

3.4. KR と KP を組み合わせた Motor Learning

本ドライビングシミュレータで教育法として KR と KP を組み合わせた Motor Learning を用いるために、3.2 節で挙げた運転行動判定機能と運転行動録画機能を組み合わせ、「被験者がシミュレーションを終えた後に、危険な運転行動をした部分に対してリプレイ動画と文字による結果のフィードバックを与える」という機能を実装した。

KR に関する知見を活かすために、文字による結果のフィードバックを与えるという仕様とした。また、KP に関する知見を活かすために、リプレイ動画のフィードバックを与えるという仕様にした。ここで、危険な運転行動をした瞬間にフィードバックを与える仕様にしなかった理由は、被験者がシミュレーション中に受ける心理的ストレスを減らすためである。さらに、リプレイ動画のフィードバックを同時に与えることにより、被験者が忘却してしまった運転行動を思い出させることが可能であると考えたためである。

3.5. デバイス

本ドライビングシミュレータを実行及び操作するにあたって用いたデバイスについて説明する。

3.5.1. デバイス制御

入力デバイス及び出力デバイスを制御するため、パーソナルコンピュータを用いた。

3.5.2. 入力デバイス

本ドライビングシミュレータでは入力として、Wii リモコン、ステアリングハンドル、フットペダル、キーボードを用いることが可能である。

3.5.3. 出力デバイス

画面出力先として Oculus Rift を選択した。Oculus Rift を用いた理由として、知覚的リスク量が関係している。ドライバーが自身の運転行動について評価する際、ドライバーは自身の主観的リスク量と知覚的リスク量を比べる。このとき、知覚的リスク量はドライバー自身の視覚認知機能に大きく依存している。特に運転時は視覚認知機能の中でも、接近離間検出と動体検出という機能を用いる。そのため、中心視野部を動かすために、自身の目線だけでなく首を移動させることが考えられる。このことから、首の動きと連動して目に映る景色が変化する必要が生じる。この変化を実装するために、ヘッドトラッキング機能を用いる必要があった。また、制作のために用いた統合開発環境 Unity には予め Oculus Rift を使用するためのプログラムが予め用意されていた。そのため、ヘッドトラッキング機能を備えたヘッドマウントディスプレイの中でも Oculus Rift の導入が最も容易であった。以上2つの理由から、Oculus Rift を用いた。

またその際、被験者が信号や標識を目視するだけでなく、判読できるようにする必要がある。先行研究によると、仮想空間上に作成された一般道を走行する際には、標識を 2.5~2.8 倍拡大して設置する必要があることが明らかになっている。これによって、実際の道路上と同じ距離での視認性が確保できる。そのため、これに基づき、標識の大きさを通常サイズに比べて 2.8 倍拡大して設置した。

3.6. 従来の教育との比較

従来の認知モデルに基づいた教育として挙げた、ドライブレコーダーを用いた教育、ドライビングシミュレータとコーチング技法を併用した教育と、本ドライビングシミュレータによる教育について比較を行う。

3.6.1. ドライブレコーダーによる教育との比較

ドライブレコーダーは「必要な映像を探すのに時間がかかる」「記録された映像が不鮮明」といった欠点がある。そのため、ドライブレコーダーを用いた教育を受けることは、映像を探す等の行動が必要になり多くの時間を要するため、継続的に教育を受けるには非効率である。

これらの問題は、運転行動判定機能及び運転行動録画機能を兼ね備えたドライビングシミュレータで運転を行うことで解決できる。本ドライビングシミュレータであれば、被験者の運転行動を監視することができる。さらに、もし被験者が危険な運転行動を行った場合には、運転行動判定機能によって運転行動に対して問題点があると指摘ができる。さらに、運転行動判定機能と運転行動録画機能を組み合わせることによって、ドライビングシミュレーション終了後に、被験者がシミュレーション中に起こした危険な運転行動に関するシーンのみを鮮明な画質で提示することができる。

3.6.2. ドライビングシミュレータとコーチング技法を併用した教育との比較

太田ら(2007)が提案したドライビングシミュレータとコーチング技法を併用した教育では、用いたドライビングシミュレータはとても高額(約 30 万円ほど)且つ広いスペースを必要とする。元々ドライビングシミュレータはスキルモデルに基づいた教育のために作成されたものである。そのため、現実世界で使用する自動車を操っているかのような感覚や操作性を提供することが重要視されながら作成されている。そのため、導入コストが高く、導入スペースもある程度広い敷地面積を要する。しかし本ドライビングシミュレータは、認知モデルに基づいた教育をドライバーが受けられるようにすることを目的としている。スキルモデルに基づいた教育をドライバーが受けられるようにすることが目的ではないため、本ドライビングシミュレータでは現実世界で使用する自動車を操っているかのような感覚や操作性を提供することを重要視する必要があるとはいえない。このため、従来のドライビングシミュレータで用いられていた操作方法を大きく代替した。

また、太田ら(2011)が提案した教育では、被験者に自身が抱える課題について気づかせるためにコーチを必要としている。しかし、本ドライビングシミュレータに搭載した運転行動判定機能とその他の機能を組み合わせれば、被験者に自身が抱える課題について気づか

せることができる。

3.6.3. 過去に開発したドライビングシミュレータとの比較

著者が過去に開発したドライビングシミュレータでは、運転行動判定機能及びアラート機能を用いることによって、被験者が危険な運転行動を行った瞬間に文字による結果のフィードバックが表示された(図 1-1 参照)。しかし、本ドライビングシミュレータではアラート機能を用いず、代わりに運転行動録画機能及び運転行動評価機能を用いた(図 3-2 参照)。これによって、シミュレーション中に操作制限や視界変化が起こる機会を取り除いている。

4. 実験

4.1. 目的

教育法を KR と不快感を組み合わせた Motor Learning から KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した際に、心理的ストレスを減らすことができるか検討する。さらに、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合と同様に、被験者が自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるか検討する。

4.2. 実験

実験内容及び判定項目について以下に示す。

4.2.1. 実験対象

実験対象として、平成 26 年度の交通事故発生状況に関する資料より、交通事故を引き起こす割合が最も高い 16~24 歳の運転免許保有者に限定した。本実験の被験者は、第一種運転免許を取得済みの 21~23 歳の男女 10 人である。また、被験者らは実験日から 5 年以内前に第一種運転免許を取得しており、年に数回しか公道で実際に運転する機会を持たないという共通点が存在する。

4.2.2. 事前準備

表 2-1 に示した DBQ の中から、本ドライビングシミュレータに搭載されている運転行動判定機能で判定可能な項目に関連するものを抽出した表 4-1 に回答してもらった。これは被験者が、シミュレーションを行う前後で、自身の運転行動に対する自己評価がどのように変化するか検討するためである。また、同時に表 2-2 にも回答してもらった。この理由については次節で説明する。その後、本ドライビングシミュレータによる操作練習を行った。

表 4-1 DBQ を用いた質問紙

質問番号	質問項目	行動タイプ	リスクレベル
01	自動車側の信号が赤信号！でも通過した。	S	A
02	ふとスピードメーターを見たら、法定速度(一般道:60km/h)を超えていた！	UV	B
03	ブレーキを踏む準備もせずに、走り続けた	S	A
04	急いでいる最中の信号待ち！少しでも早く前に進もうと、信号が変わる前に少し前に進んだ	V	C
05	右折または左折しようとしたら、自分に接近していた他の自動車に気づかなかった	M	A
06	信号が赤信号になりそう！でも進んだ	V	A
07	道路を右折したときに、左側にいる自動車等に気を配るのを忘れていた	V	B
08	前にいる車を追い越そうとした際に、出すスピードを誤った	M	C
09	道路の交差点に差し掛かった際に、間違えて隣の車線に食い込んでしまった	S	A
10	交差点で、右に曲がるタイミングを逃した	M	C

4.2.3. 実験

表 4-2 のように、振り返り方を 2 つのタイプに分け、それぞれの場合でシミュレーションを行ってもらった。各タイプにおいてシミュレーションが終了した後、事前準備のときと同様に表 4-1 及び表 2-2 のアンケートに回答してもらった。表 2-2 は、教育法の違いが被験者に与える心理的ストレスに差を生むか検討するためである。

また、被験者が各タイプにおいてシミュレーションを行っている際、本ドライビングシミュレータに危険な運転行動と判断された項目を記録した。

表 4-2 タイプと振り返り方による場合分け

パターン	振り返り方	
	タイミング	表示形式
a	危険な運転行動と判定された瞬間	テキスト
b	シミュレーション終了後	テキスト+リプレイ



図 4-1 実験の様子

5. 結果

5.1. DBQ を用いたアンケート結果

DBQ を用いたアンケートに対する回答結果について以下に示す。

表 5-1 DBQ によるアンケート結果

被験者:パターン	質問番号									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
被験者01:事前アンケート	0	3	3	3	4	3	0	0	0	0
被験者01:a/パターン	1	4	0	4	2	4	0	3	3	0
被験者01:b/パターン	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0
被験者02:事前アンケート	0	4	1	5	4	5	0	0	0	4
被験者02:a/パターン	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
被験者02:b/パターン	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0
被験者03:事前アンケート	1	1	2	1	2	3	4	0	4	3
被験者03:a/パターン	1	1	0	0	0	1	2	0	2	2
被験者03:b/パターン	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
被験者04:事前アンケート	0	3	3	1	2	2	2	0	1	1
被験者04:a/パターン	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
被験者04:b/パターン	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
被験者05:事前アンケート	0	0	0	0	4	3	2	0	1	4
被験者05:a/パターン	0	0	0	0	4	0	0	0	0	3
被験者05:b/パターン	0	3	3	3	3	1	3	0	0	4
被験者06:事前アンケート	0	3	0	1	0	4	1	1	0	4
被験者06:a/パターン	0	3	1	2	1	2	0	1	1	2
被験者06:b/パターン	0	3	1	3	1	0	1	1	4	1
被験者07:事前アンケート	0	2	1	2	3	0	3	2	3	4
被験者07:a/パターン	0	5	3	0	4	0	3	4	4	3
被験者07:b/パターン	0	4	3	2	2	0	3	2	5	4
被験者08:事前アンケート	3	3	1	1	4	1	2	1	1	1
被験者08:a/パターン	1	3	1	0	0	0	0	0	3	0
被験者08:b/パターン	1	3	4	5	1	5	2	1	4	4
被験者09:事前アンケート	1	5	1	1	0	2	1	0	0	3
被験者09:a/パターン	1	5	1	1	0	2	0	0	0	2
被験者09:b/パターン	1	5	1	1	0	1	1	0	0	2
被験者10:事前アンケート	0	0	1	0	0	1	2	1	1	2
被験者10:a/パターン	0	4	3	1	1	1	1	2	1	1
被験者10:b/パターン	2	2	3	2	1	2	1	2	1	1

5.2. ドライビングシミュレータ内での運転行動の判定結果

本ドライビングシミュレータの運転行動判定機能による、各被験者の運転行動の判定結果について以下に示す。

表 5-2 被験者の運転行動の判定結果

被験者:パターン	判定項目			
	01	02	03	04
被験者01:aパターン	×	○	×	○
被験者01:bパターン	○	○	×	○
被験者02:aパターン	○	○	○	○
被験者02:bパターン	○	○	○	○
被験者03:aパターン	○	○	○	○
被験者03:bパターン	○	○	×	○
被験者04:aパターン	○	○	○	○
被験者04:bパターン	○	○	×	○
被験者05:aパターン	○	×	×	○
被験者05:bパターン	○	×	×	○
被験者06:aパターン	○	○	×	○
被験者06:bパターン	○	○	×	○
被験者07:aパターン	○	○	○	○
被験者07:bパターン	○	○	×	○
被験者08:aパターン	○	×	×	○
被験者08:bパターン	○	○	×	○
被験者09:aパターン	○	×	○	○
被験者09:bパターン	○	×	×	○
被験者10:aパターン	○	×	×	○
被験者10:bパターン	×	×	×	○

5.3. SRS-18 を用いたアンケート結果

SRS-18 を用いたアンケートに対する回答結果について以下に示す。

表 5-3 SRS-18 によるアンケート結果

被験者:パターン	質問番号																	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
被験者01:事前アンケート	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	2	0	1	0	3
被験者01:a/パターン	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	2	0	2	0	3
被験者01:b/パターン	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	2	0	3
被験者02:事前アンケート	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	2	3	0
被験者02:a/パターン	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	1	0
被験者02:b/パターン	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	1	0
被験者03:事前アンケート	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	1	0	1
被験者03:a/パターン	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
被験者03:b/パターン	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
被験者04:事前アンケート	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
被験者04:a/パターン	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3
被験者04:b/パターン	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3
被験者05:事前アンケート	0	3	3	0	3	0	3	1	3	0	3	3	3	2	3	0	0	1
被験者05:a/パターン	0	3	3	0	3	0	2	1	2	0	3	2	3	1	1	1	1	2
被験者05:b/パターン	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	0	1
被験者06:事前アンケート	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
被験者06:a/パターン	0	0	1	1	1	2	2	0	0	0	2	2	3	1	0	0	0	3
被験者06:b/パターン	0	1	1	1	0	0	0	2	0	1	1	2	2	1	0	2	2	2
被験者07:事前アンケート	0	2	2	0	2	2	0	1	2	0	3	2	2	3	3	2	1	3
被験者07:a/パターン	0	0	1	0	1	2	2	0	1	1	3	1	1	1	2	1	0	0
被験者07:b/パターン	0	1	0	0	1	1	2	0	0	1	2	0	1	2	0	0	0	0
被験者08:事前アンケート	1	1	1	1	1	2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2
被験者08:a/パターン	1	3	1	1	3	2	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1
被験者08:b/パターン	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
被験者09:事前アンケート	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	1
被験者09:a/パターン	2	0	2	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1
被験者09:b/パターン	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	2	1
被験者10:事前アンケート	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0
被験者10:a/パターン	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
被験者10:b/パターン	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0

6. 考察

6.1. 心理的ストレスに関する検討

KR と不快感を組み合わせた Motor Learning から KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した際に、心理的ストレスを減らすことができるか検討する。

表 5-3 の中から、各被験者が a パターンのドライビングシミュレータでシミュレーションを行った場合における回答の和と、b パターンのドライビングシミュレータでシミュレーションを行った場合における回答の和を求めた。その結果を表 6-1 に示す。

表 6-1 各被験者における SRS-18 に対する回答のポイントの和

被験者	aパターン終了後の回答	bパターン終了後の回答
被験者01	12	10
被験者02	9	8
被験者03	3	2
被験者04	8	7
被験者05	28	11
被験者06	18	18
被験者07	17	11
被験者08	27	3
被験者09	12	8
被験者10	12	7

そして、その結果に対してウィルコクソンの符号付順位和検定を行った結果、p 値が 0.0075 であることが明らかになった。よって、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning から KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した際に、心理的ストレスに差が生じないという帰無仮説は、有意水準 1% の場合棄却できる。つまり、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning から KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した際に、被験者に与える心理的ストレスに差が生じている。さらに、表 6-1 において、各パターン終了後に回答したポイントの加重平均を求め、比較した。結果、a パターン終了後に回答したポイントが b パターン終了後に回答したポイントより高かった。以上により、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning から KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した際に、被験者に与える心理的ストレスが減少する。

特に、表 5-3 の質問の中で「不機嫌・怒り」に関する質問(質問番号 02, 03, 05, 06, 09, 12, 15) に対する各被験者のポイントの和を求めた。その結果を表 6-2 に示す。

表 6-2 各被験者における SRS-18 「不機嫌・怒り」に対する回答のポイントの和

被験者	事前アンケート時の回答	aパターン終了後の回答	bパターン終了後の回答
被験者01	0	1	0
被験者02	0	0	0
被験者03	0	0	0
被験者04	0	0	0
被験者05	4	3	0
被験者06	0	3	4
被験者07	1	3	3
被験者08	4	5	0
被験者09	1	4	0
被験者10	0	3	2

さらに、全被験者の回答のポイントの和を求め、グラフに表した。そのグラフを 図 6-1 に示す。

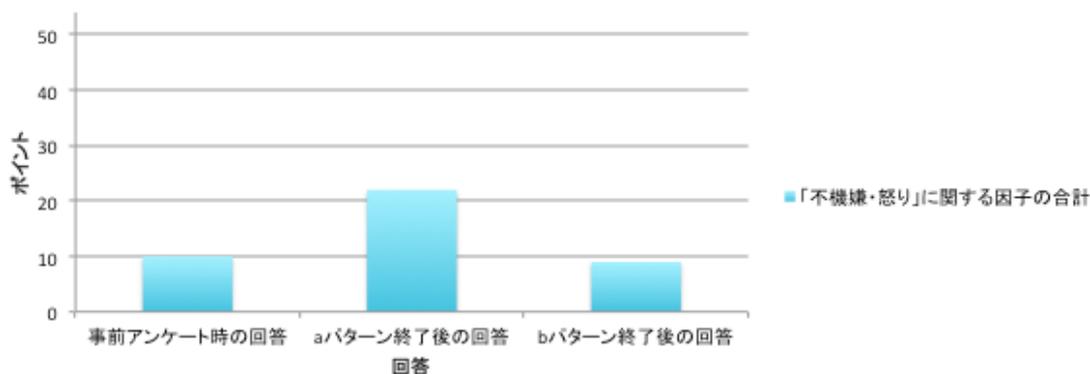


図 6-1 全被験者における「不機嫌・怒り」に関する因子の合計

図 6-1 より、a パターンで被験者の「不機嫌・怒り」といった感情が高まる傾向が見られた。これは、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を実現するために用いている「被験者が危険な運転行動をした瞬間に、運転行動を中断させ危険な運転行動をした部分に対して文字による結果のフィードバックを与える」という仕様が関係していると考えられる。具体的には、文字による結果のフィードバックが画面に表示されることにより一定時間シミュレーション画面が見えなくなる点、文字による結果のフィードバック表示中は一切の操作を受け付けないという点が、被験者にとってシミュレーションに対する妨げとなったことにより、被験者の「不機嫌・怒り」といった感情が高まる傾向が見られたと考えられる。

6.2. 自己評価能力に関する検討

教育法を KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した場合でも、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合と同様に、被験者が自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるか検討する。

6.2.1. KR と不快感を組み合わせた Motor Learning

教育法に KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合に、被験者が自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるか確認する。その上で、被験者が危険な運転行動をした項目に対する被験者自身の自己評価の変化と、危険な運転行動をしなかった項目に対する被験者自身の自己評価の変化を確認する。

まず、被験者が危険な運転行動をした項目に対する被験者自身の自己評価の変化を確認する。表 5-1 の中から、各被験者のシミュレーションを行う前の回答と、a パターンのドライビングシミュレータでシミュレーションを行った場合における回答を抽出した。その抽出した表の中から、各被験者が a パターンのシミュレーション中に表 5-2 における危険な運転行動と判断された質問項目に該当する回答を抽出した。例えば被験者 01 であれば、表 5-2 中の信号無視及び速度違反を起こしているため、被験者 01 が表 5-1 を用いたアンケートにおける信号や速度に関する質問項目についての回答を抽出するといった具合である。抽出した結果を表 6-3 に示す。

表 6-3 6.2.1 節において抽出した項目(危険な運転行動)

被験者:質問番号	事前調査の回答	a/パターン終了後の回答
被験者01:質問番号01	0	1
被験者01:質問番号02	3	4
被験者01:質問番号04	3	4
被験者01:質問番号06	3	4
被験者01:質問番号08	0	3
被験者05:質問番号02	0	0
被験者05:質問番号03	0	0
被験者05:質問番号08	0	0
被験者06:質問番号02	3	3
被験者06:質問番号08	1	1
被験者08:質問番号02	3	3
被験者08:質問番号03	1	1
被験者08:質問番号08	1	0
被験者09:質問番号03	1	1
被験者10:質問番号02	0	4
被験者10:質問番号03	1	3
被験者10:質問番号08	1	2

そして、その結果に対してウィルコクソンの符号付順位和検定を行った結果、p 値が 0.021 であることが明らかになった。よって、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して被験者自身の自己評価を変更しないという帰無仮説は、有意水準 5%の場合棄却できる。つまり、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して被験者自身の自己評価を変更した。さらに、表 6-3 において、事前調査時に回答したポイントの加重平均と、a パターン終了時のポイントの加重平均を求め、比較した。結果、事前調査時に回答したポイントが a パターン終了後に回答したポイントより低かった。以上により、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して被験者自身の自己評価を下げたと言える。

次に、被験者が危険な運転行動をしなかった項目に対する被験者自身の自己評価の変化を確認する。表 5-1 の中から、各被験者のシミュレーションを行う前の回答と、a パターンのドライビングシミュレータでシミュレーションを行った場合における回答を抽出した。その抽出した表の中から、各被験者が a パターンのシミュレーション中に表 5-2 における危険な運転行動と判断されなかった質問項目に該当する回答を抽出した。例えば被験者 01 であれば、表 5-2 中の一時停止無視及び接触事故を起こしていないため、被験者 01 が表 5-1 を用いたアンケートにおける一時停止や接触事故に関する質問項目についての回答を抽出するといった具合である。抽出した結果を表 6-4 及び表 6-5 に示す。

表 6-4 6.2.1 節において抽出した項目(危険でない運転行動):その 1

被験者:質問番号	事前調査の回答	a)パターン終了後の回答
被験者01:質問番号03	3	0
被験者01:質問番号05	4	2
被験者01:質問番号07	0	0
被験者01:質問番号09	0	3
被験者01:質問番号10	0	0
被験者02:質問番号01	0	0
被験者02:質問番号02	4	2
被験者02:質問番号03	1	0
被験者02:質問番号04	5	0
被験者02:質問番号05	4	0
被験者02:質問番号06	5	0
被験者02:質問番号07	0	0
被験者02:質問番号08	0	0
被験者02:質問番号09	0	0
被験者02:質問番号10	4	2
被験者03:質問番号01	1	1
被験者03:質問番号02	1	1
被験者03:質問番号03	2	0
被験者03:質問番号04	1	0
被験者03:質問番号05	2	0
被験者03:質問番号06	3	1
被験者03:質問番号07	4	2
被験者03:質問番号08	0	0
被験者03:質問番号09	4	2
被験者03:質問番号10	3	2
被験者04:質問番号01	0	0
被験者04:質問番号02	3	1
被験者04:質問番号03	3	1
被験者04:質問番号04	1	0
被験者04:質問番号05	2	1
被験者04:質問番号06	2	0
被験者04:質問番号07	2	1
被験者04:質問番号08	0	1
被験者04:質問番号09	1	1
被験者04:質問番号10	1	1
被験者05:質問番号01	0	0
被験者05:質問番号04	0	0
被験者05:質問番号05	4	4
被験者05:質問番号06	3	0

表 6-5 6.2.1 節において抽出した項目(危険でない運転行動):その 2

被験者:質問番号	事前調査の回答	aパターン終了後の回答
被験者05:質問番号07	2	0
被験者05:質問番号09	1	0
被験者05:質問番号10	4	3
被験者06:質問番号01	0	0
被験者06:質問番号03	0	1
被験者06:質問番号04	1	2
被験者06:質問番号05	0	1
被験者06:質問番号06	4	2
被験者06:質問番号07	1	0
被験者06:質問番号09	0	1
被験者06:質問番号10	4	2
被験者07:質問番号01	0	0
被験者07:質問番号02	2	5
被験者07:質問番号03	1	3
被験者07:質問番号04	2	0
被験者07:質問番号05	3	4
被験者07:質問番号06	0	0
被験者07:質問番号07	3	3
被験者07:質問番号08	2	4
被験者07:質問番号09	3	4
被験者07:質問番号10	4	3
被験者08:質問番号01	3	1
被験者08:質問番号04	1	0
被験者08:質問番号05	4	0
被験者08:質問番号06	1	0
被験者08:質問番号07	2	0
被験者08:質問番号09	1	3
被験者08:質問番号10	1	0
被験者09:質問番号01	1	1
被験者09:質問番号02	5	5
被験者09:質問番号04	1	1
被験者09:質問番号05	0	0
被験者09:質問番号06	2	2
被験者09:質問番号07	1	0
被験者09:質問番号08	0	0
被験者09:質問番号09	0	0
被験者09:質問番号10	3	2
被験者10:質問番号01	0	0
被験者10:質問番号04	0	1
被験者10:質問番号05	0	1
被験者10:質問番号06	1	1
被験者10:質問番号07	2	1
被験者10:質問番号09	1	1
被験者10:質問番号10	2	1

そして、その結果に対してウィルコクソンの符号付順位和検定を行った結果、 p 値が 0.0002 であることが明らかになった。よって、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して被験者自身の自己評価を変更しないという帰無仮説は、有意水準 1% の場合棄却できる。被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して被験者自身の自己評価を変更した。さらに、表 6-4 に及び表 6-5 おいて、事前調査時に回答したポイントの加重平均と、a パターン終了時のポイントの加重平均を求め、比較した。結果、事前調査時に回答したポイントが a パターン終了後に回答したポイントより高かった。以上により、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して被験者自身の自己評価を上げたと言える。

6.2.2. KR と KP を組み合わせた Motor Learning

教育法に KR と KP を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合に、被験者が自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるか検討する。その上で、被験者が危険な運転行動をした項目に対する被験者自身の自己評価の変化と、危険な運転行動をしなかった項目に対する被験者自身の自己評価の変化を検討する。

まず、被験者が危険な運転行動をした項目に対する被験者自身の自己評価の変化を確認する。表 5-1 の中から、各被験者のシミュレーションを行う前の回答と、b パターンのドライビングシミュレータでシミュレーションを行った場合における回答を抽出した。その抽出した表の中から、各被験者が b パターンのシミュレーション中に表 5-2 における危険な運転行動と判断された質問項目に該当する回答を抽出した。例えば被験者 01 であれば、表 5-2 中の速度違反を起こしているため、被験者 01 が表 5-1 を用いたアンケートにおける速度に関する質問項目についての回答を抽出するといった具合である。抽出した結果を表 6-6 に示す。

表 6-6 6.2.2 節において抽出した項目(危険な運転行動)

被験者:質問番号	事前調査の回答	bパターン終了後の回答
被験者01:質問番号02	3	3
被験者01:質問番号08	0	0
被験者03:質問番号02	1	1
被験者03:質問番号08	0	0
被験者04:質問番号02	3	1
被験者04:質問番号08	0	1
被験者05:質問番号02	0	3
被験者05:質問番号03	0	3
被験者05:質問番号08	0	0
被験者06:質問番号02	3	3
被験者06:質問番号08	1	1
被験者07:質問番号02	2	4
被験者07:質問番号08	2	2
被験者08:質問番号02	3	3
被験者08:質問番号08	1	1
被験者09:質問番号02	5	5
被験者09:質問番号03	1	1
被験者09:質問番号08	0	0
被験者10:質問番号01	0	2
被験者10:質問番号02	0	2
被験者10:質問番号03	1	3
被験者10:質問番号04	0	2
被験者10:質問番号06	1	2
被験者10:質問番号08	1	2

そして、その結果に対してウィルコクソンの符号付順位和検定を行った結果、 p 値が 0.016 であることが明らかになった。よって、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して被験者自身の自己評価を変更しないという帰無仮説は、有意水準 5% の場合棄却できる。つまり、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して被験者自身の自己評価を変更した。さらに、表 6-6 において、事前調査時に回答したポイントの加重平均と、b パターン終了時のポイントの加重平均を求め、比較した。結果、事前調査時に回答したポイントが a パターン終了後に回答したポイントより低かった。以上により、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して被験者自身の自己評価を下げたと言える。

次に、被験者が危険な運転行動をしなかった項目に対する被験者自身の自己評価の変化を確認する。表 5-1 の中から、各被験者のシミュレーションを行う前の回答と、b パターンのドライビングシミュレータでシミュレーションを行った場合における回答を抽出した。その抽出した表の中から、各被験者が b パターンのシミュレーション中に表 5-2 における危険な運転行動と判断されなかった質問項目に該当する回答を抽出した。例えば被験者 01 であれば、表 5-2 中の信号無視、一時停止無視、接触事故を起こしていないため、被験者

01 が表 5-1 を用いたアンケートにおける信号や一時停止，接触事故に関する質問項目についての回答を抽出するといった具合である。抽出した結果を表 6-7 に示す。

表 6-7 6.2.2 節において抽出した項目(危険でない運転行動):その 1

被験者:質問番号	事前調査の回答	bパターン終了後の回答
被験者01:質問番号01	0	0
被験者01:質問番号03	3	0
被験者01:質問番号04	3	1
被験者01:質問番号05	4	0
被験者01:質問番号06	3	1
被験者01:質問番号07	0	0
被験者01:質問番号09	0	0
被験者01:質問番号10	0	0
被験者02:質問番号01	0	4
被験者02:質問番号02	4	0
被験者02:質問番号03	1	0
被験者02:質問番号04	5	0
被験者02:質問番号05	4	0
被験者02:質問番号06	5	4
被験者02:質問番号07	0	0
被験者02:質問番号08	0	0
被験者02:質問番号09	0	0
被験者02:質問番号10	4	0
被験者03:質問番号01	1	1
被験者03:質問番号03	2	0
被験者03:質問番号04	1	1
被験者03:質問番号05	2	0
被験者03:質問番号06	3	1
被験者03:質問番号07	4	0
被験者03:質問番号09	4	1
被験者03:質問番号10	3	0
被験者04:質問番号01	0	0
被験者04:質問番号03	3	1
被験者04:質問番号04	1	0
被験者04:質問番号05	2	1
被験者04:質問番号06	2	0
被験者04:質問番号07	2	1
被験者04:質問番号09	1	1
被験者04:質問番号10	1	1
被験者05:質問番号01	0	0
被験者05:質問番号04	0	3
被験者05:質問番号05	4	3
被験者05:質問番号06	3	1
被験者05:質問番号07	2	3

表 6-8 6.2.2 節において抽出した項目(危険でない運転行動):その 2

被験者:質問番号	事前調査の回答	b/パターン終了後の回答
被験者05:質問番号09	1	0
被験者05:質問番号10	4	4
被験者06:質問番号01	0	0
被験者06:質問番号03	0	1
被験者06:質問番号04	1	3
被験者06:質問番号05	0	1
被験者06:質問番号06	4	0
被験者06:質問番号07	1	1
被験者06:質問番号09	0	4
被験者06:質問番号10	4	1
被験者07:質問番号01	0	0
被験者07:質問番号03	1	3
被験者07:質問番号04	2	2
被験者07:質問番号05	3	2
被験者07:質問番号06	0	0
被験者07:質問番号07	3	3
被験者07:質問番号09	3	5
被験者07:質問番号10	4	4
被験者08:質問番号01	3	1
被験者08:質問番号03	1	4
被験者08:質問番号04	1	5
被験者08:質問番号05	4	1
被験者08:質問番号06	1	5
被験者08:質問番号07	2	2
被験者08:質問番号09	1	4
被験者08:質問番号10	1	4
被験者09:質問番号01	1	1
被験者09:質問番号04	1	1
被験者09:質問番号05	0	0
被験者09:質問番号06	2	1
被験者09:質問番号07	1	1
被験者09:質問番号09	0	0
被験者09:質問番号10	3	2
被験者10:質問番号05	0	1
被験者10:質問番号07	2	1
被験者10:質問番号09	1	1
被験者10:質問番号10	2	1

そして、その結果に対してウィルコクソンの符号付順位和検定を行った結果、 p 値が 0.057 であることが明らかになった。よって、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して被験者自身の自己評価を変更しないという帰無仮説は、有意水準 5% の場合棄却できない。以上により、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して被験者自身の自己評価を変更したとは言えない。

6.2.3. 2つの教育法と自己評価

教育法を KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した場合でも、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合と同様に、被験者が自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるか検討する。6.2.1 節及び 6.2.2 節より、教育法に KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いた場合では、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対しては被験者自身の自己評価を下げ、シミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対しては被験者自身の自己評価を上げた。それに対して、教育法に KR と KP を組み合わせた Motor Learning を用いた場合では、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対しては被験者自身の自己評価を下げたが、シミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対しては被験者自身の自己評価を変更したとは言えないという結果になった。

まず、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して、教育法を KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した場合でも、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合と同様に、被験者が自己評価を下げた理由について考察する。この理由は、KR と KP を組み合わせた Motor Learning として、「被験者がシミュレーションを終えた後に、危険な運転行動をした部分に対してリプレイ動画と文字による結果のフィードバックを与える」という方法を用いたためである。シミュレーション終了後に、被験者に対して KR にあたる文字による結果のフィードバックを与えるだけでは、被験者がシミュレーション中に行おける自身の運動行動について忘却している可能性があるため、KR 付与による学習効果は低下すると考えられる。しかし、シミュレーション終了後に、文字による結果のフィードバックだけでなく、KP にあたるリプレイ動画のフィードバックを同時に与えることにより、被験者が忘却してしまった運転行動を思い出させることができたと考えられる。そのため教育法に KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合と同様に、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対しては被験者自身の自己評価を下げたと考えられる。

以上の議論から、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して、教育法を KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した場合でも、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合と同様に、被験者が自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができたと言える。

次に、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して、教育法に KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いた場合では被験者が自己評価を上げたが、教育法に KR と KP を組み合わせた Motor Learning を用いた場合では被験者が自己評価を変更したとは言えないという結果になった理由について考察する。この理由は、教育

法に KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いた場合において、被験者に与えていた不快ストレスが、成功体験に対する記憶を鮮明にさせたためと考えられる。教育法に KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いた場合のドライビングシミュレータでは「被験者が危険な運転行動をした瞬間に、運転行動を中断させ危険な運転行動をした部分に対して文字による結果のフィードバックを与える」という機能を用いている。つまり、被験者は「危険な運転行動をした瞬間に、不快な出来事が発生する」という状況の中、シミュレーションすることになる。このことから、被験者は意図的に、危険な運転行動を起こさないようにすることに対して意識を集中させると考えられる。この状態になった場合、被験者がシミュレーション中に期待することは「被験者自身の運転行動が中断されず、文字による結果のフィードバックが表示されないこと」となる。つまり、普段よりも成功体験や失敗体験に敏感な状態になると考えられ、それは同時に成功体験や失敗体験が鮮明に記憶されることに繋がる。そのため、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して、教育法に KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いた場合では被験者が自己評価を上げたと考えられる。

また、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して、被験者が自己評価を上げるという事象が、被験者自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることに繋がるのか検討する。前述したスキッド訓練に関する事案のように、運転に対する過度な自己評価が原因で、自動車による交通事故率が増加した事例が存在する。つまり、これらのドライビングシミュレータを用いて継続的に教育を受ける場合、「被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して、被験者が自己評価を上げるという」事象が繰り返し発生すると、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して過度な自己評価を与えてしまうと考えられる。そのため、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して、被験者が自己評価を上げるという事象が、被験者自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることに繋がるとは言えない。もちろん、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をしなかった項目に対して、被験者が自己評価を変更しないという事象も、被験者自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることに繋がるとは言えない。

7. 結論

本論文では、著者が過去に開発した、ドライバーが自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるように教育するためのドライビングシミュレータを改良した。その上で、従来の教育法から得られていた教育効果はそのままに、被験者がシミュレーション中に受ける心理的ストレスを減らすために、用いる教育法を Knowledge of Results と不快感を組み合わせた Motor Learning から、Knowledge of Results と Knowledge of Performance を組み合わせた Motor Learning に変更した。

また、交通事故を引き起こす割合が最も高い年齢が 16~24 歳に該当する、年に数回しか公道で実際に運転する機会を持たない運転免許保有者を対象に実験を行った。具体的には、教育法を KR と不快感を組み合わせた Motor Learning から KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した際に、心理的ストレスを減らすことができるか検討した。さらに、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合と同様に、被験者が自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができるか検討した。

実験の結果、教育法を KR と KP を組み合わせた Motor Learning に変更した場合、KR と不快感を組み合わせた Motor Learning を用いていた場合と比べて、心理的ストレスを減らすことができた。そして、被験者がシミュレーション中に危険な運転行動をした項目に対して、被験者が自身の運転行動に対する自己評価能力を高めることができた。

8. 展望・将来課題

8.1. 展望

内閣府が発表している SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)自動走行システム研究開発計画によると、国内企業ではトヨタやホンダ、海外では Google や General Motors といった大手企業が自動運転式自動車の開発に着手している。そして、米国電気電子学会によると、2040 年には一般道を走行する自動車の 75%が自動運転式自動車になるとの予測を発表している。しかし、自動車の自動運転技術には課題が残っている。例としては、大きな雨粒や雪粒が降ってきた際に、それらが自動運転式自動車に搭載されているカメラに障害物として認識されてしまうため走行不可と判断されてしまうことが挙げられる。他にも、自動運転式自動車は日差しが強い日には信号が指している色の識別が困難、事故などが発生した際に警察官が手を振って停止させようとしても無視して走り去ってしまうといったことも挙げられる。このように、自動運転技術は実用化に向けて課題が山積しており、このままでは自動運転式自動車による誤作動を原因とした事故が多発する可能性がある。そして、そのような誤動作が発生したと明らかになった際には、他の自動車への被害を防ぐために自動運転から手動運転に速やかに切り替えることで対応するとされている。

しかし、手動運転に切り替えることで確実に他の自動車への被害を防ぐことができるとは言い難い。ヒューマンエラーが発生する可能性があるためである。また、増田らによるとドライバーが自動運転技術に依存するようになる結果、行動適応における負の適応が働く。負の適応とは自動運転技術の導入にともなって生じるドライバーのネガティブな行動変化を総称した概念のことである。ドライバーが自動運転技術による支援を突然受けられなくなった際、行動に混乱が生じ、状況認識能力が低下することが明らかになっている。

以上の事実を踏まえると、自動運転式自動車に何らかの誤動作が発生したと明らかになった際に、確実に他の自動車への被害を防ぐ対策として手動運転に切り替えるという方法を取るのであれば、自動運転式自動車を所持するすべてのドライバーがそれぞれヒューマンエラーを発生させる確率を下げる必要があることが分かる。このような事態に陥った際には本ドライビングシミュレータが有用に働く可能性があると考えられる。ヒューマンエラーの発生確率を減少させることによって、自動運転式自動車が運転中に突然手動運転に切り替わっても、ヒューマンエラーを起こすことなく運転を継続することができる。結果、自動車が引き起こす事故の減少につながり、円滑な交通網を作り出すことが可能になるためである。

8.2. 将来課題

本論文では「被験者が継続的に教育を受けるモチベーションを保てるようなドライビングシミュレータなのか」という問題について検討した。しかし、まだこの問題について考える余地はある。例えば、シミュレーション時に用いていた入力デバイスについて考える。身近なものを入力デバイスとして使用可能にすれば、継続的に教育を受ける環境がさらに整いやすくなり、モチベーションが上がると考えられる。この点について、スマートフォン、特に iPhone7⁶は入力デバイスとして用いることが可能である。iPhone7 で搭載された圧力センサーを用いることで、手を用いた操作だけでも一層精度の高い操作が可能になる。iPhone7 の画面のタップにかける圧力の強弱でアクセル及びブレーキの代わりに、iPhone7 自体の傾きを変化させることでハンドルの代わりにすることが可能である。また、これに加えて Mark McGill(2015)らが提案したユーザビリティを応用することで、iPhone7 を、仮想空間上でも投影するといったことが可能になる。これによって、Oculus Rift をかけた状態でもデバイスのボタンの位置を把握できるため、スマートフォン、特に iPhone7 は入力デバイスとして用いることが可能だと言える。そのため、「被験者が継続的に教育を受けるモチベーションを保てるようなドライビングシミュレータ」を制作するには、内的要因はもちろんのこと、外的要因からも考える必要があるかもしれない。

⁶ <http://www.apple.com/jp/iphone/>

9. 謝辞

懇切丁寧なご指導を賜りました中島達夫教授に深く感謝申し上げます。そして、助言をくださった研究室の後輩，同輩に深く感謝致します。

10. 参考文献

- [1]. Egelman, S., Cranor, L. F., & Hong, J. (2008, April). You've been warned: an empirical study of the effectiveness of web browser phishing warnings. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1065-1074). ACM.
- [2]. Fukkink, R. G. (2008). Video feedback in widescreen: A meta-analysis of family programs. *Clinical Psychology Review*, 28(6), 904-916.
- [3]. Janelle, C. M., Barba, D. A., Frehlich, S. G., Tennant, L. K., & Cauraugh, J. H. (1997). Maximizing performance feedback effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68(4), 269-279.
- [4]. Keskinen E. Why do young drivers have more accidents? Junge Fahrer und Fahrerinnen. Referate der Ersten Interdisziplinären Fachkonferenz, December 12–14, 1994 in Köln. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit, Heft M 52 1996.
- [5]. Koestner, R., Ryan, R. M., Bernieri, F., & Holt, K. (1984). Setting limits on children's behavior: The differential effects of controlling vs. informational styles on intrinsic motivation and creativity. *Journal of personality*, 52(3), 233-248.
- [6]. McGill, M., Boland, D., Murray-Smith, R., & Brewster, S. (2015, April). A dose of reality: overcoming usability challenges in VR head-mounted displays. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 2143-2152). ACM.
- [7]. Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction?. *Ergonomics*, 33(10-11), 1315-1332.
- [8]. Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). Serious games: Games that educate, train, and inform. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- [9]. Sankarpandian, K., Little, T., & Edwards, W. K. (2008, April). Talc: using desktop graffiti to fight software vulnerability. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1055-1064). ACM.
- [10]. Susan Weinschenk. (2012). インタフェースデザインの心理学 —ウェブやアプリに新たな視点をもたらす 100 の指針 (武舎広幸訳). オライリージャパン.
- [11]. 賀川昌明. (2011). デジタル・コンテンツを利用した動画フィードバックが運動技能の習得・発揮に及ぼす効果の検討. 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, 8, 1-9.

- [12]. 小川圭一,橋本尚幸,土井和広,久坂直樹,久恒智朗. (2009). 簡易ドライビングシミュレータにおける道路案内標識の視認性に関する研究, 土木計画学研究発表会・講演集 40, 大阪交通科学研究会.
- [13]. 小川圭一,土井和広,久坂直樹(2006)「交通安全対策の検討に対する簡易ドライビングシミュレータの応用可能性」,『交通科学』37(1),pp.1-9,大阪交通科学研究会.
- [14]. 小林明弘. (2015). 仮想空間一般道運転体験システムによる認知モデルに基づいた教育提案.
- [15]. 総務省統計局統計センター「平成 26 年中の交通事故の発生状況」, <
<https://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/before/hasseijokyo/PDF/H26hasseijokyo.pdf>>(2016/09/22 アクセス)
- [16]. 増田貴之,芳賀繁(2009)「運転行動モデルと事故防止」,『日本信頼性学会誌』31(3),pp.223-227,日本信頼性学会.
- [17]. 増田貴之,芳賀繁. (2009). 運転行動モデルと事故防止, 日本信頼性学会誌 31 (3), 223-227.
- [18]. 太田博雄(2011)「高齢ドライバーのためのミラーリング法によるメタ認知教育プログラム開発」,『平成 23 年度(本報告) タカタ財団助成研究論文』,pp.1-52, 公益財団法人タカタ財団.
- [19]. 太田博雄,中西盟,加藤良隆. (2007). ドライビング・シミュレータを利用した若年運転者のための安全教育 -コーチング技法を応用した教育プログラム開発-,国際交通安全学会誌 32(4),pp.49-58, 国際交通安全学会.
- [20]. 大橋ゆかり, & 長田久雄. (1997). 結果の知識付与のタイミングがパフォーマンスに及ぼす影響. 理学療法学, 24(1), 9-15.
- [21]. 田久保宣晃(2005)「交通データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察」,『国際交通安全学会誌』30(3),pp.23-32, 国際交通安全学会.
- [22]. 木村優. (2010). 協働学習授業における高校教師の感情経験と認知・行動・動機づけとの関連. 教育心理学研究, 58(4), 464-479.
- [23]. 鈴木伸一, 嶋田洋徳, 三浦正江, 片柳弘司, 右馬埜力也, & 坂野雄二. (1997). 新しい心理的ストレス反応尺度 (SRS-18) の開発と信頼性・妥当性の検討. 行動医学研究, 4(1), 22-29.
- [24]. 澁谷智久, 中村剛, & 中島宣行. (2003). フィードバックを用いた情報処理活動の活性化が運動学習に及ぼす影響. 順天堂大学スポーツ健康科学研究, (7), 80-84.