

# 安全運転講習における意識・認知の向上支援

松浦健二<sup>\*1</sup>, 竹内寛典<sup>\*1</sup>, 柏原昭博<sup>\*2</sup>, 山崎健一<sup>\*3</sup>, 栗田弦太<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 徳島大学, <sup>\*2</sup> 電気通信大学, <sup>\*3</sup> 三菱プレシジョン

## Improvement of a driving simulator for better awareness and recognition of a driver as a learner

Kenji Matsuura<sup>\*1</sup>, Hironori Takeuchi<sup>\*1</sup>, Akihiro Kashihara<sup>\*2</sup>, Kenichi Yamasaki<sup>\*3</sup>, Genta Kurita<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> Tokushima University, <sup>\*2</sup>The University of Electro-Communications,

<sup>\*3</sup>Mitsubishi Precision Co., Ltd.

This work reports the design, development, and evaluation of reformed functionalities to assist automobile drivers on a driving simulator. In this study, we improved the existing system from two perspectives. The first device is the introduction of eye-gaze navigating function in this system from the recognition viewpoint. Another device is the function to control dynamically the training scenario in a course provided due to the estimation of the driver's behavior from the consciousness perspective. The evaluation results suggest the effectiveness of the proposal.

キーワード: 運転シミュレータ, 安全意識, シナリオ制御, 視線誘導

### 1. はじめに

交通事故総合分析センターの報告<sup>(1)</sup>によれば, 直進における自動車運転事故( $n=12,272$ )では, その要因として前方不注意, 安全不確認がそれぞれ 38.4%と 45.6%であるのに対し, 右折( $n=74,560$ )においては, 14.1%と 82.6%となっている。右折時の大部分は安全不確認であり, 直進においても割合は異なるが最多である。事故に対しては漫然運転や脇見運転の改善が必要であり, 右折や横断歩道などの各状況に応じた安全確認行動を意識的に発生させる必要が論じられる。

多くの運転者が自動車教習所での訓練から数週間で免許取得まで達成するが, 交通事故はその直後からも発生する。すなわち, 自動車を制御するための基本的な運転技術習得に比して, 運転時の環境との安全相互作用に要する高次の認知スキル・意識に関してはその習得に時間がかかる<sup>(2)</sup>。Deery らは特に運転経験の長短で比較議論し, 若年ドライバは事故リスクを過少評価し, 事故リスクを受容する傾向がある一方で, 自ら

の運転技術を過大評価するとの調査を示している<sup>(2)</sup>。

運転技術に比して事故リスクへの意識づけが安全運転には重要である。このような若齢層の違反回数と交通事故の関係は国内でも調査報告がある<sup>(3)</sup>。平成 17 年の事故者率調査では特に 18-24 歳においては, 事故以前に違反取締りを複数回受けた経験がある者が多く, 運転初期からの意識づけがやはり重要である。すなわち事故の重大さを早くから意識させる訓練シナリオの強化・構成が教育時に望まれる。

また意識づけされているかどうかの調査手段としては, 脳波等による研究もなされつつあるが, 運転時のデータ取得容易性により, 主に視線計測を利用した研究が盛んになっている。例えば, 鉄道運転士に対する視線振り返りの提案があり, 研究結果として前方確認教育の必要性が示唆されている<sup>(4)</sup>。なお, 視線の軌跡に関する特徴は, チェス等のゲームにおいても熟練者と初学者とで異なることが知られている<sup>(5)</sup>。

以上の議論から, 本研究では, 違反運転者等に実施される安全運転講習(行政処分者講習)を前提として,

既存のドライブシミュレータ(以下 DS)を改良し、(1)受講者に対する訓練シナリオに柔軟性を持たせることで安全運転への意識づけ強化を図り、(2)その上で視線計測と誘導に着目し、認知面での学習支援を行う。本稿ではそれらの設計・開発および評価を述べる。

## 2. 意識・認知改善のための環境

### 2.1 意識改善のための安全運転訓練シナリオ制御

これまでの運転免許センターの行政処分者講習などにおける DS を用いた安全運転教育は、一度きりの運用が前提となっている。短期的にも長期的にもその運転者の学習面を考慮していないため、コース設定やシナリオ設定においては個々の運転者への適応性がない。

また、学習支援システム研究でのオーバーレイモデルに見られるような、学習目標がシステムに事前定義された環境において、学習者の診断によって、学習目標達成に向けてシステムとインタラクションするといったアプローチも適用しにくい。何故ならば、行政処分者講習の場合、免許取得のための運転教習と異なり、例えば個人を登録したり個人のプロフィール入力をしたうえでの一定期間でのシステムの継続的な利用とはならないからである。ただし、個人登録を要しない一回限りの運用を前提としても、システムの中で意図的な診断イベントがあれば、そこで条件分岐させて運転シナリオを変化させること実現可能と考えられる。本研究プロジェクトでは、事故リスクへの意識づけのために、なるべく運転者の運転行動に合わせて事故経験を疑似的に行わせる手法を設計してきた<sup>(6)(7)</sup>。

斎藤ら<sup>(7)</sup>は、横断歩道周辺のコースに着目した精緻な制御モデルをネットワーク表現にて提案し、事故原因に対する配置オブジェクトとの関係を整理している。このような制御モデルを参考にしつつも、本稿のシステムでは、簡便化のため、難易度を A~E の 5 段階レベル (7 場面) で分岐無しの制御モデルで実現している。実装は、三菱プレジジョン社製の講習用シミュレータ DS-330/RS-7000 上であり、実験目的のため β 版として四輪車・二輪車それぞれ 4 テーマ、56 シナリオ場面を実現した。

表 1 難易度の高低レベル設定とそれらの名称

低 ←-----初回-----> 高						
A	B	C1	C2	D	E1	E2

シナリオ制御方針としては、初回到中位レベルで開始し、運転体験の成否結果により次回適用レベルを一段階ずつ上下いずれかにシフトする方式である。すなわち、最低以下または最高以上のレベルが適切な運転手の場合でも、最短で 2 回の遷移で適正レベルに到達できることになる。なお、講習の運用制約上、一回ごとに成否判定が行われる。

具体的なテーマを、四輪車・二輪車でそれぞれ以下に列挙する。危険オブジェクトの数や質が難易度に応じて事前定義され、レベルに応じてイベント発動する。

(四輪車シミュレータで実現したテーマ)

- ① 一時停止あり交差点の通過
- ② 駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険
- ③ あおり運転の危険
- ④ カーブ走行時の死角の危険

(二輪車シミュレータで実現したテーマ)

- ⑤ 出会頭／飛び出し (二輪)
- ⑥ 出会頭／飛び出し (原付)
- ⑦ 雨天走行 (二輪)
- ⑧ 雨天走行 (原付)

### 2.2 認知改善のための視線誘導

事故の発生しがちな状況における運転手の特徴については幾つかの情報取得方法やその分析手法が提案されている。文献<sup>(8)</sup>では、運転手頭部姿勢に着目し、画像処理と RSOMs 手法を採用している。これにより二つの交差点において、ヒヤリハットの有無があっても、効果形状グラフにおける概形類似性を示している。一方、交差点の環境に応じた確認行動の差や、注視対象の有無による行動時間の変化が生じる可能性を示唆している。環境や注視対象に対して、適切なタイミングで適切に注視することの必要性が考えられる。これに関しては、運転者の視線を直接的に検知することで注視箇所の特特定が正確になると考えられ、文献<sup>(9)</sup>のような視線誘導に関する研究も展開されている。

視覚等に関する知覚能力については、訓練によって向上する。しかし、実験的な調査<sup>(10)</sup>によれば、初期の学習に比して、学習が進むにつれて認知のレベルが下がる結果が出ている。このことは、学習曲線として一旦上がってから下がる傾向として、自動化仮説や運動スキルにおける自由度の開放による現象と同じ意味をもつわけではない。知覚・認知学習行動の維持には、精神的努力の継続が必要と結論づけられる<sup>(10)</sup>。注視行動には継続的な努力、すなわち訓練が有効である。

DS の環境として、様々な技術統合による環境提案もなされており、AR を導入した学習支援も研究されている<sup>(11)(12)</sup>。一方、本稿の環境における DS では、VR によるディスプレイ表示が行われ、VR 画面上の視点計測を行う。各コース運転中のどこに注視しているかの計測により、モデル視線データと比較することができるようになる。モデルとなる視線には、安全運転管理者、教習指導員、交通機動隊隊員等の安全運転プロフェッショナルを対象とすることが想定される。本稿の環境では、モデル視線描画による誘導と、講習を受ける学習者の観測データ取得を行う。対象コースの運転を複数回実施する際に、初回で視線計測し、振り返り時に視線誘導情報を提示し、その後同一コースを再度運転試行するというフローを提案する。

### 3. 実験的評価

#### 3.1 実験構成および手順

前述の二つの機能を統合的に実装したシステムを実験的に評価する。評価に際しては、実践的な統合システムとしての有用性に着目する。

実験は、同一被験者が1週間を空けて二日間実施する。短期的な学習と一定期間経過後の記憶定着を確認するためである。初日にまず、実験説明を行い、データの取り扱いや情報提供説明、同意書の取得等を行う。事前アンケート(Que1)として、運転状況の基礎データ(所謂プロフィール系データ、一回だけ)を取得し、初日の運転学習の前後にアンケート2(Que2a, Que2b)を取得し、1週間後に再度アンケート2(Que2c)を実施する。これにより、DSでの運転学習による意識の短期的変化と定着具合を測定する。

DSによる実際の運転については、運転操作に慣れるための練習走行(DS0)のあとに実際にデータ取得を行う。練習走行時は、運転操作が自然とできる状態になればよいため、シナリオに応じた意図的なイベント発生がない走行である。アンケート同様に視線データ取得は3回実施するが、初日に学習の前後のデータ(DSa, DSb)を取得し、一週間後に再度データ(DSc)を取得する。データ収集時のコース設定として、概ね5分程度で終了できるコースを設けているが、ハードウェアが限られており、運転体験の場所や被験者の制約条件により、前章での四輪・二輪の8テーマの中から、

- ・「一時停止あり交差点の通過」
- ・「駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険」

を対象とした二場面を体験学習させることとした。

表 2 実験の流れ

No.	実験実施過程
<b>【実験初日に実施】</b>	
1	実験・情報取扱い説明
2	事前アンケート(Que1)
3	運転行動意識調査(Que2a)
4	練習走行(DS0)
5	安全運転傾向データ収集(DSa)
6	シミュレータ学習 1(DS1)
7	シミュレータ学習 2(DS2)
8	安全運転傾向データ収集(DSb)
9	運転行動意識調査(Que2b)
<b>【実験初日の一週間後に実施】</b>	
10	練習走行(DS0)
11	安全運転傾向データ収集(DSc)
12	運転行動意識調査(Que2c)

評価に際しては、実験群・統制群による対象比較を行うこととする(N=30, F検定による等分散性確認)。表2の流れの中で6,7番の学習において、実験群(DS-330)に導入した本稿提案の二つの機能を実装する前の機種(DS-320)を統制群は用いることとする。DS-320には提案のシナリオ制御も視線検知・誘導も実装されていない。

表 3 シミュレータ学習の構成

No.	学習過程（表 2 における DS1, DS2）
(1)	運転体験 1
	運転体験 2
	運転体験 3
(2)	運転の結果表示
(3)	運転プレイバック
(4)	学習テーマに削った解説ビデオ
(5)	再体験（運転）

ここで、シミュレータ学習 1 と 2 では、テーマごとの学習を行うが、その学習時の流れを表 3 に示す。(1) 番の過程では、実験群は難易度制御が行われ、統制群は予めセットされた従来場面に沿った体験が行われる。また、(3) 番のプレイバック時に、実験群は視線誘導が行われ、統制群は視線誘導のない既存の振り返り（記録された学習者の運転を再現）が行われる。

### 3.2 意識に関する主観評価検証

前節の二つのテーマでのシミュレーション学習による運転行動意識への影響を評価するために、実験群・統制群の被験者に対して、学習前後および一週間後の計 3 回にわたり、運転行動意識調査アンケートを実施した。アンケートは、表 4 に示すように全 9 項目からなり、各項目は複数の観点から構成され、運転における留意点を問う内容となっている。被験者には、各実施回においてそれぞれの設問に 7 段階（1 に向かって否定方向，7 に向かって肯定方向）で回答するように求めた。設問内容は以下の通りである。

表 4 運転行動意識調査アンケート設問

1. 発進時のあなたの運転についてお答えください
・安全確認は十分にできていますか
・タイミングのよい発進と加速ができていますか
2. 合流地点でのあなたの運転についてお答えください
・安全確認は十分にできていますか
・状況に合わせた速度で運転できていますか
3. あなたが運転している時の車間距離についてお答えください
・車間距離を十分保持して運転できていますか

・装甲車の動きに注意して運転できていますか
4. 安全な速度で運転ができていますか
・安全な走行位置で運転ができていますか
・安全確認は十分にできていますか
5. 安全な速度で運転ができていますか
・安全な走行位置で運転ができていますか
・安全確認は十分にできていますか
6. 見通しの悪い道路へ進入する時のあなたの運転についてお答えください
・安全な速度で運転ができていますか
・安全な走行位置で運転ができていますか
・安全確認は十分にできていますか
7. 横断歩道付近でのあなたの運転についてお答えください
・一時停止ができていますか
・歩行者優先の運転ができていますか
8. あなたが運転している時の駐車車両への配慮についてお答えください
・進路変更時の合図はタイミングよく出せていますか
・進路変更時の後方確認はできていますか
・駐車車両との距離を確保して運転できていますか
・安全な速度で運転できていますか
・進路変更時の適切なハンドル操作はできていますか
9. 車線変更時のあなたの運転についてお答えください
・進路変更時の合図はタイミングよく出せていますか
・進路変更時の後方確認はできていますか
・他の車両への配慮はできていますか
・進路変更時の適切なハンドル操作はできていますか

これらは、安全運転意識の調査として一般的な内容を含み、本稿でのコース設定上は該当しない項目も含む。運転の場面に共通するような設問(例えば、1 番は発進時のため、運転始動時は共通して含まれる)や、特定状況時のみ該当する設問(例えば、4 番や 5 番)があり、したがって下位の判断項目にも重複等が含まれる。各設問は、選択した学習テーマとの対応したものも含まれ、設問 1, 5, 6 は「一時停止あり交差点の通過」に、また、設問 1, 7, 8 は「駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険」に対応した設問として提供される。

従前の実験仮説としては、実験群のシミュレーショ

ン学習では危険体験が適応的に実現されることから、運転者の自己評価が低下し、それによって過信を抑制できるとした。ただし、初日の中の前後比較に対し、1週間後もある程度維持されることを想定する。

### 3.3 認知に関する視線評価検証

認知面での運転技能改善に関しては、表 2、表 3 の構成により学習とその評価を行う。学習においては、実験群のみ表 3 の 3 番(運転プレイバック)で、視線誘導機能を提供する。学習の前後比較による評価は、初日の学習前後と 1 週間後のそれぞれにおける安全運転傾向データ収集過程(DSa,b,c)で実施する。DSa, DSb, DSa の実施時は、視線計測に加えて、アクセルやブレーキ、ハンドルといった操作系のデータも取得する。

このように実験を構成することで、意識と認知の双方の改善状況を観測する。一方、学習過程において、視線誘導機能の提供有無が含まれるため、意識・認知の相互作用と独立して評価しているとは言えないことに注意されたい。

### 3.4 意識面の主観評価結果

学習前の Que2a においては、群間での統計的有意さはなく、初期状態での安全運転意識は同程度とみなす。以降は、t 検定を実施し、その効果量(Cohen's d)を算出することとする。

Que2a と Que2b による学習前後比較では、アンケート設問 9 つのうち、1~7 において両群とも自己評価が低下した。特に、設問 1, 2, 3, 6, 7 では実験群の方が低くなっていた。中でも項目 2 では、 $p < 0.10$ ,  $d = 0.69$  であり、設問 6, 7 においては  $p \geq 0.10$ , であった(図 1 参照, 1 は Que2a, 2 は Que2b)がそれぞれ  $d = 0.20, 0.34$  であり、小さいながら効果量が認められる。

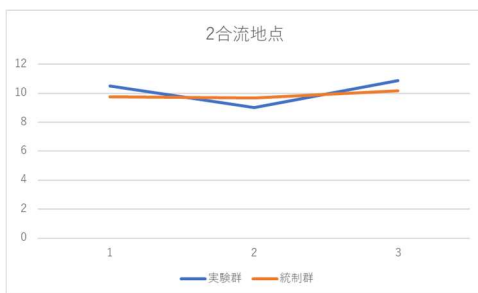


図 1 設問 2 の自己評価に関する推移

1 週間経過した際の Que2c を Que2b に比べると、全ての項目において、群を問わず自己評価が向上した。特に、設問 1「発車時」、2「合流地点」、3「車間距離」においては、実験群の方が有意に大きくなった(項目 1:  $p < 0.05$ ,  $d = 0.73$ ; 項目 2:  $p < 0.10$ ,  $d = 0.64$ ; 項目 3:  $p < 0.10$ ,  $d = 0.64$ )。よって、初日の学習前後は仮説にやや沿った結果といえるが、1 週間の経過に対しての維持については検証されなかった。また、Que2a と Que2c を比較してみたところ、有意な差ではないが実験時の設問 2 以外で自己評価の向上が見られた。

### 3.5 認知面の客観評価結果



図 2 DS 画面と視線誘導

図 2 に、DS-330 における実験で用いた一場面とそこでの視線描画の様子を示している。アクセル、ブレーキ、ハンドルの出力グラフをコースの様態に合わせて一瞥で解釈できるようになるが、視線の軌跡データは X 座標系、Y 座標系によっても形状が異なり、個人差も出ることが分かる。個人差が生じた例としては、定期的かつ頻繁にバックミラーを見る者の場合は、Y 方向に特徴的なスパイクが出てくることになり、またカーブ等では、進行方向を重視する者とその反対方向も確認する者として X 方向に特徴として出てくる。

ここで、本実験では、2 コースそれぞれで、2 名の教師データをあらかじめ取得し、それらとの比較をそれぞれ行うこととした。比較時の評価関数としては、動的時間伸縮法(DTW: Dynamic Time Warping)を用いて、同一コースにおける教師データと、学習者としての運転者の観測データとの距離を計測した。DSb を DSa と比較することで、距離が小さくなれば、教師の視線に近づいたとみなす。また、DSa と DSa も比較を

行う。学習状態の維持という意味では、DScをDSbと比較することも考えられるが、本稿では初期状態からの改善が1週間経過しても依然として得られるか、との観点で調べることにした。

データの評価ケースとしては、コース1・2に対し、教師データA・教師データBの組合せ4パターンに対し、DSb-DSa, DSc-DSaの2比較で、8種類の比較を行う。その結果、コース1における1回目から2回目への視線変容における教師データAとの類似性のみが悪化(距離が大きくなった)していたが、他の7ケースでは全て距離が小さくなった結果が得られた(縦方向と横方向とでそれぞれ調べた結果では、16種類中15種類の比較において、実験群の方の平均的な改善がみられている)。Welch検定を行ったところ、コース1における教師Bとの間の2回目と1回目の観測比較(図3参照)および3回目と1回目の間においては、それぞれ $p < 0.10$  ( $d = 0.68$ ),  $p < 0.05$  ( $d = 0.98$ )が得られたが、他は有意とまではいえなかった。

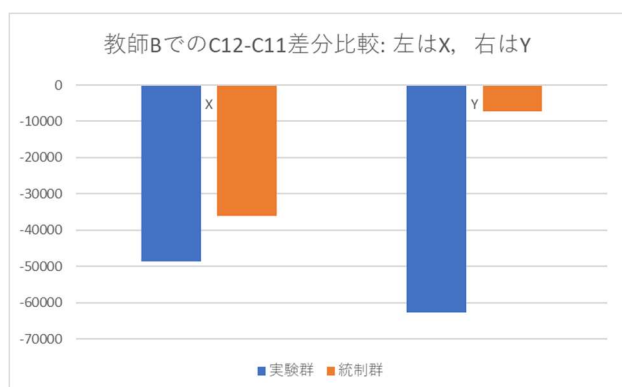


図3 教師Bに対する初日の学習前後の差分比較

### 3.6 考察

安全運転に関する自己評価については、同一日の学習前後で、シミュレーション学習を行うことで自己評価が低下したが、テーマとして採択した「一時停止ありの交差点の通過」や「駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険」において、設問2, 6, 7が危険を留意する上でのポイントとなっていた可能性がある。

一方、設問8「駐車車両への配慮」、項目9「車線変更」は、学習テーマ「駐停車禁止場所付近にある駐車車両の危険」に関与するポイントと考えられるが、自己評価としては低下しなかった。これは、シミュレ

ーション学習中に、被験者は車線変更や駐車車両の危険に対して問題なく対処できたことを示唆していると考えられる。このことは、難易度の想定を初期には少し上げておくといった方向性と、もともと事故原因としての関与の度合いなどを調査しながら調整していくことが必要であろう。

1週間後の調査では自己評価が概ね向上したが、私生活において車を運転する機会にシミュレーション学習で気づいたことを振り返ることができたなどのコメントが得られている。つまり安全運転行動が初日に助長されたことで、自己の中の基準が相対的に下がった可能性があり、意識の相対的な調査という課題も示唆される。

次に視線データの結果については、顔の位置とスクリーンがほぼ固定的な環境で行えたということと、コース設定が今回比較的直進の割合が大きかったことから、評価関数としてDTWを採用して距離を計測した。一方、視線座標での評価というよりも、視線軌跡の形状変化を見た方が正しい場合は、極座標系でのDDTWに評価関数を切り替えるなどの工夫が必要な場合もあるものと考えている。今回の結果では、16ケース中1ケースを除き、全て改善傾向にあったことから、視線誘導の有用性が示唆される。

## 4. おわりに

本稿では、行政処分者講習を前提として、特に同一運転者に対して継続の実施が困難な講習状況を念頭に、動的なコースの難易度に関する簡易化された制御機構と、視線誘導による注視点への着目改善の支援機能を設計し、実システムでの評価を行った。

アンケート結果からは、初日において運転行動に対する気づきを与えることで、運転者の行動の見直しが行われる様子が示唆された。また、後日の結果から、自己評価が全て向上していたが、自身の評価基準の課題や、日々の運転の中での安全意識化のトリガについて継続的な研究が望まれる。また、視線データについては、教師データとの類似性の遷移を調査した結果、統計的な意味ではもう少し被験者を増やした実験を要するが、16種のうちほとんどのデータにおいて、提案



機能による平均的な改善が見られており、肯定的な評価が可能である。

今後の展開として、上述のように被験者の増加はもとより、その際にも年齢や経験を説明変数に取り込んだ実験の実施や、コース・場面のケースを増やすなどが想定される。また、対象を自動車以外に拡張した場合の変化を調べることも学術的な意味があると考えている。さらに、自己の安全基準の変化要因に関する検討、視線軌跡に関する理論的モデルの検討なども必要であり、今後取り組むべき研究課題は多数あり、継続的な研究が望まれる。

## 謝辞

本研究実施に際し、研究打合せ時やシステム開発には多数の方にご参加いただいた。ここに謝意を表す。

## 参考文献

- (1) 交通事故総合分析センター：“ITARDA INFORMATION”， No.140 (2020) available <https://www.itarda.or.jp/contents/9370/info140.pdf> (last accessed 2022.09.06)
- (2) Deery, H.A.: “Hazard and risk perception among young novice drivers,” *Journal of Safety Research*, Vol.30, No. 4, pp. 225-236 (1999).
- (3) 矢野伸裕：“交通事故を起こした運転者の事故以前の交通違反歴”，日本心理学会第 73 回大会発表論文集， pp.1336 (2009).
- (4) 鈴木大輔，菊地史倫，小池隆治，片野博行：“鉄道運転シミュレータにおける視線データを用いた振り返り”，日本人間工学会，人間工学，Vol.56, Supplement , pp. 2F1-01 (2020).
- (5) Sheridan H. and Reingold E.M.: “Expert vs. novice differences in the detection of relevant information during a chess game: evidence from eye movements,” *Frontiers in Psychology*, vol.5, 6pgs (2014). (DOI=10.3389/fpsyg.2014.00941)
- (6) 齊藤玲，柏原昭博，内藤弘望，松浦健二，戸井健夫，栗田弦太：“交通事故の疑似体験を適応的に引き起こすための運転シミュレーションのデザイン”，教育システム情報学会第 45 回全国大会講演論文集， pp.263-264, (2020).
- (7) 齊藤玲，柏原昭博，内藤弘望，松浦健二，戸井健夫，栗田弦太：“運転シミュレータのシナリオ制御モデルの評価”，教育システム情報学会 2020 年度第 6 回研究会， pp.137-144 (2021).
- (8) 伊藤桃代，佐藤和人，伊藤伸一，福見稔：“ドライバの姿勢変化に着目した安全確認行動の解析”，日本機械学会第 25 回交通・物流部門大会， No.16-36, 5pgs (2016).
- (9) 内藤弘望，松浦健二，柏原昭博，齊藤玲，戸井健夫，栗田弦太：“視線誘導を導入した自動車運転時の気づき支援環境”，教育システム情報学会 2020 年度第 4 回研究会， Vol.35, No.4, pp.21-26 (2020).
- (10) Takeuchi T., Puntous T., Tuladhar A., Yoshimoto S. and Shirama A.: “Estimation of Mental Effort in Learning Visual Search by Measuring Pupil Response,” *Plos ONE*, Vol.6, No.7, 5pgs (2011). (doi:10.1371/journal.pone.0021973)
- (11) 山元翔，講元淳，荻原昭夫：“AR を用いたカーブの運転スキル学習支援システムの設計・開発”，人工知能学会全国大会論文集第 30 回，人工知能学会， 4pgs (2016).
- (12) 森島佑騎，山元翔：“AR を用いたカーブの段階的運転練習支援システムのリフレクション機能の設計・開発”，人工知能学会研究会， SIG-ALST-B509-12, pp.67-72 (2018).
- (13) Stana, S., Philip, C.: “Toward accurate dynamic time warping in linear time and space,” *Intelligent Data Analysis*, Vol. 11, No. 5, pp. 561-580 (2007).