

運転技能の違いが直線単路走行時の注視行動に及ぼす影響

坂口 雄介

Abstract

The purpose of this study was to analyze eye movements when driving a motor vehicle on a straight single road and to clarify difference in eye movements between novice drivers and skilled drivers. We recruited four adult males who had a regular driver's license in this study. Two of them had less than a year experience of driving, whereas the others had more than 10 years experiences. The latter drivers were working as driving school instructors and considered as skilled drivers. We analyzed the gaze data of the straight single road with the Tobii Pro Glasses 2 and compared the percentage of total gazing time per area and the percentage of total gazing time to the duration of making a right turn between the groups through a t-test. As a result, we found novice drivers tended to gaze at the front and right side of the road and look aside at the surrounding scenery, whereas the skilled drivers were prone to gaze widely from the front to the far side of the road by centering on their own lane. These results suggest that novice drivers and skilled drivers have different gazing characteristics, and skilled drivers may have desirable gazing behavior when driving on a straight single road. We expect these results can be applied to traffic safety education activities, driving lessons, and road traffic environment improvement, thereby contributing to the prevention of traffic accidents while driving on straight single roads.

キーワード……交通事故抑止 自動車運転 運転技能 直線走行 注視行動

1 はじめに

我が国において、安全運転に必要なスキルが不十分であるために初心運転者による事故が多発している。昨今、取り上げられる高齢運転者による事故と比較しても、若年運転者の事故率は高いとの報告がある¹⁾。Daniel R. Mayhew et al.²⁾は、運転免許取得からの期間と事故率の関係を検討し、運転免許取得からの期間が短いほど事故率が高く、運転免許取得からの期間が長いほど事故率が低いと述べている²⁾。さらに、Matthews and Moran³⁾、Dejoy⁴⁾、Groeger and Brown⁵⁾および A. Ian Glendon et al.⁶⁾は、若年男性運転者は自身の運転評価を高く評価することで事故リスクを低く見積もらせ、その結果として交通事故発生リスクが高まると報告している。

交通事故は視覚に関わるものが多発している。警察庁による法令違反別の交通事故状況を見ると、漫然運転 (24.2%)、安全不確認 (21.6%)、脇見運転 (17.2%)、静動不注意 (3.4%) と、上位 4 項目は視覚的な注意不足が原因と見られる交通事故であり、それは全体の約 60% を占め

る。また、特に重大な死亡及び重症事故に繋がる可能性が高い漫然運転と脇見運転⁷⁾が原因となった事故は、その他の原因の事故と比較して直線単路で頻発しているとの報告がある。さらに同報告書によると、漫然運転や脇見運転が原因となった事故のうち、約 50%が直線単路を走行中に発生している。直線単路は交差点やカーブ単路と比較して単調であるため、考え事をしたリ覚醒水準が低下したりすることで、外部環境への注意が散漫となり、漫然運転や脇見運転に繋がると想定される。

自動車運転時の視覚による情報収集は極めて重要である。Hartman⁸⁾によると、自動車運転時の外界情報の約 90%は視覚から収集していると言われている。先述したように、交通事故の原因となった上位 4 項目は視覚に関わり、それらは特に重大な死亡及び重症事故に繋がる可能性が高いことを踏まえると、これらの交通事故抑止に向けては注視行動などの視覚情報に関する研究が重要であると推察される。これまで、初心運転者と熟練運転者における注視行動の比較に関する研究はとりわけ盛んに行われている。例えば、ドライブレコーダの映像の静止画と動画を用いて初心者と熟練者における特徴的な注視行動を明らかにしたもの^{9),10)}、初心者の水平方向の注視点移動角度が熟練者と比較して少ないことを明らかにしたもの¹¹⁾、初心運転者は安全運転に必要なスキルだけでなく、視覚的情報プロセスが未熟であること¹²⁾など、多数の報告が挙げられる。

しかしながら、先述した研究のほとんどがドライビングシミュレータやドライブレコーダによる静止画や動画を用いたものである。それらを用いた実験について大島ら¹³⁾は、実車両や実環境を用いた実験と比較して怪我をする可能性が低いなどの安全性が担保されており、また、時間帯や交通環境を実験者側がコントロール出来ることなどの優位性があると報告している。他方、ドライビングシミュレータを用いて実施した実験と実車両や実環境を用いて実施した実験を比較すると、互換性や実験結果の妥当性に課題があることも指摘している。このことから、実車両を用いた注視行動に関する研究は意義深いと推察される。また、頻発する直線単路走行時の注視行動を初心運転者と熟練運転者で比較した報告は見当たらない。実車両による直線単路走行時の初心運転者と熟練運転者の注視特徴が明らかとなれば、交通安全啓蒙活動や自動車教習場面への活用および道路交通環境の整備への応用ができ、交通事故抑止の一助となり得る。そこで本研究では、実車両を用いた直線単路走行時の注視行動について分析を行い、初心運転者と熟練運転者の注視特徴を明らかにすることを目的とした。

2 方法

2-1 被験者

被験者は普通運転免許状を保有している成人男性 4 名（年齢 26.5±5.1 歳、免許取得後経過年数：7.5±5.6 年）とした。そのうち、運転経験が一年未満の 2 名（年齢：21.5 歳±0.7 歳、免許取得後経過年数：2.0±0.5 年）を初心運転者群とし、他方、運転経験が 10 年以上であり、N

県 N 市 N 文化自動車学校の教官として勤務する 2 名（年齢 31.5 ± 2.1 歳、免許取得後経過年数 13.0 ± 2.1 年）を熟練運転者群とした。被験者は全て男性であり、事前の聞き取り調査によって 4 名とも自家用車を所有していること、日常的な運転習慣があること、両目の裸眼視力もしくは矯正視力が 0.7 以上であることなど、運転技能以外の要因に関しては両郡の属性に相違はないことを確認した。

被験者には測定の実施に先立って、書面と口頭にて本研究の目的および測定に関する説明を十分に行い、書面による測定参加への同意を得た。

2-2 視線計測装置

被験者の視線計測には Tobii 社製の Tobii Pro Glasses 2（100Hz モデル）を採用した（図 1）。Tobii Pro Glasses 2 は図 1 に示した本体、記録用の SD カードの内包および電源の役割を果たすレコーディングユニット、視線の記録を行うソフトウェアの Tobii Pro Glasses Controller（version1.114）、解析用ソフトウェアの Tobii Pro Lab（version1.181）から成る。本体の額部分に高解像度シーンカメラ（画面解像度 1920×1080 pixel、フレームシート 25/sec）とマイクが埋め込まれており、着用者の前方映像および周囲の音声を記録することができる。また、左右それぞれの眼球を映すように 4 個のアイカメラと 16 個の赤外線センサーが設置されており、これらから得られる着用者の眼球イメージを用いて明瞳孔法および暗瞳孔法による角膜反射法によって着用者の視線を計測することができる。小型で軽量であることやメガネ型であり運転場面においても限りなく自然に近い形で視線が計測できる装置であること、かつ運転行動への妨げを最小限に抑えた状態で視線計測が可能である。

図 1. Tobii Pro Glasses 2（Tobii 社製）



出所：Tobii Pro 公式ホームページから引用

2-3 実験環境および実験手順

実験環境には N 県 N 市 N 文化自動車学校の教習コースを採用した。実験車両には日産 NOTE e-POWER とした。被験者に視線計測装置を装着させ、教習コース内の周回コースを走行させた。なお、実験車両には被験者のみを乗車させ、教習コース内には実験車両のみを走行させることで外部環境を統一した。被験者には、「普段通りの運転を心がけてください」という共通の指示を出した上で、周回コースを走行する際の視線を計測した。計測は 10 施行実施し、太陽光

運転技能の違いが直線単路走行時の注視行動に及ぼす影響（坂口雄介）

等の影響によるデータ欠損が最も少ない 1 施行を分析データとした。計測に先立ち、被験者が視線計測装置を装着した状態での運転や実験車両および実験コースに十分に慣れるために、本計測の前に 5 施行の練習を行った。練習を行い、視線計測装置の装着や実験車両および実験コースへの違和感がないことを確認したのち、キャリブレーションプロセスに従い¹⁴⁾、キャリブレーション、そして、本計測を行った。運転座席の設定は個人の自由としたが、練習を含めた全ての施行において被験者に対しては、全て同一の指示を行った。

2-4 分析方法

本研究において直線走行区間を、「実験車両が直線走行区間に進入してハンドルが真っ直ぐになったところから、カーブに差し掛かりハンドルを操作し始める直前まで」と定義した。直線走行区間の開始と終了は、解析用ソフトウェアの Tobii Pro Lab を用いて、被験者の視界映像から 2 名の実験者の確認のもと判断した。

2-4-1 興味領域分析

記録された視線データの解析は解析用ソフトウェアの Tobii Pro Lab の解析ツールを用いて行った。なお、分析方法には「直線走行中にどこを注視しているのか」を明らかとするため、視線の興味領域（Area Of Interesting：以下「AOI」と略す）分析を用いた。直線走行中の被験者から見える注視対象を神田¹⁵⁾の報告を参考に、サイドミラー（右）、サイドミラー（左）、ルームミラー、左側路側帯、自転車線手前、自転車線奥、センターライン、対向車線、カーナビ、メーター、周辺景観の 11 箇所に AOI 分けを行った。AOI 内に停留した視線のデータは解析用ソフトウェアの Tobii Pro Lab の解析ツールにより、各 AOI の総注視時間（Total fixation duration）、平均注視時間（Average fixation duration）、注視回数（Fixation count）などの指標に出力された。

2-4-2 評価指標

運転技能の違いに伴う直線走行時の注視特徴を明らかとするために、各 AOI の注視時間を直線区間走行における総注視時間で除すことで正規化した各 AOI の注視時間割合、および各 AOI の平均注視時間を評価指標とした。なお、視線解析の分野で眼球運動を分析する場合、視点がある範囲内に一定時間停留する注視、注視と注視の間に見られる素早い眼球の動きであるサッカードを対象とする場合が多い。本研究における注視とサッカードは、解析用ソフトウェアの Tobii Pro Lab の Tobii I-VT（Attention）フィルタのデフォルト設定に従い、視線移動速度が 100degree/sec 以上になる場合をサッカード、またサッカード発生後、移動速度が 100degree/sec 以下の状態が 40msec 以上継続する場合を注視とそれぞれ定義した。

2-5 統計処理

初心運転者群と熟練運転者群の各 AOI の注視時間割合および平均注視時間について、Shapiro-Wilk 検定を用いて事前に正規性の確認を行った。その後、それぞれの指標において対応のない t 検定を用いて有意差検定を行った。また、人数比に左右されず群間の差の大きさの程度を検討するために、効果量 Cohen's d を算出した。全ての統計処理には統計ソフト R 4.1.2 for Mac OS X を用い、有意水準は 5% とした。本文において、特別な指示がない限り、被験者の基本的属性（年齢、免許取得後経過年数）は小数点第 1 位まで、統計的な結果は小数点第 2 位まで表記することとした。

3 結果

AOI 分析の結果、全被験者のうち分類した AOI への注視が 1 名しか確認されなかったサイドミラー（右）、サイドミラー（左）、ルームミラー、カーナビ、メーターの比較は分析対象から除いた。最終的な比較対象の AOI は左側路側帯、自転車線手前、自転車線奥、センターライン、対向車線、周辺景観の 6 箇所とした。

Shapiro-Wilk 検定を用いて各 AOI の注視時間割合および平均注視時間の正規性の確認を行った結果、全てに正規性が確認された。これを受けて、まず、各 AOI の注視時間割合において対応のない t 検定を行った結果、全ての AOI における注視時間割合において有意な群間差異は認められなかった（図 2）。効果量 Cohen's d を算出した結果、センターラインと対向車線において大程度の効果量が認められ、初心運転者群の方が熟練運転者群と比較して注視時間割合が大きかった。他方、左側路側帯、自転車線奥、自転車線手前においても大程度の効果量が認められ、熟練運転者群の方が初心運転者群と比較して注視時間割合が大きかった（表 1）。また、各 AOI の平均注視時間において対応のない t 検定を行った結果、全ての AOI における平均注視時間において有意な群間差異は認められなかった（図 3）。効果量 Cohen's d を算出した結果、センターラインと周辺景観において大程度の効果量が認められ、初心運転者群の方が熟練運転者群と比較して平均注視時間が長かった。他方、左側路側帯、自転車線奥、自転車線手前においても大程度の効果量が認められ、熟練運転者群の方が初心運転者群と比較して平均注視時間が長かった（表 2）。

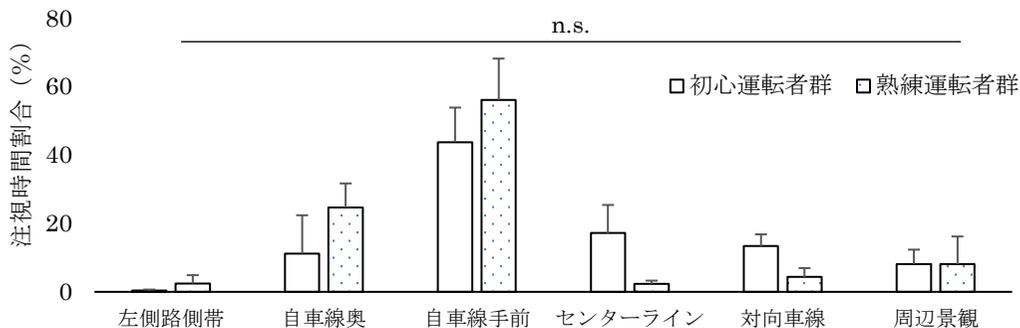


図2. 各 AOI の注視時間割合

表1. 各 AOI の注視時間割合

	<i>p</i>	<i>d</i>	
初心運転者群 - 熟練運転者群	左側路側帯	0.55	1.21
	自転車線奥	0.43	1.44
	自転車線手前	0.52	1.11
	センターライン	0.32	2.53
	対向車線	0.18	2.98
	周辺景観	1.00	0.01

d: Cohen's *d* ($d < 0.2$: 小, $0.2 \leq d < 0.8$: 中, $0.8 \leq d$: 大)

* $p < .05$

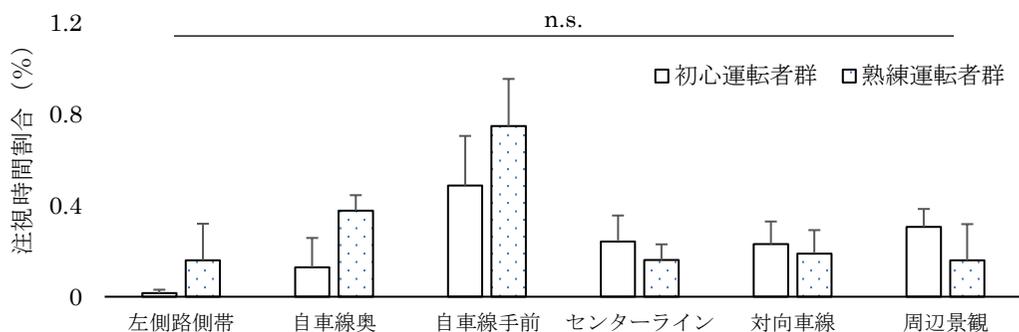


図3. 各 AOI の平均注視時間

表 2. 各 AOI の平均注視時間

		<i>p</i>	<i>d</i>
初心運転者群 – 熟練運転者群	左側路側帯	0.53	1.27
	自車線奥	0.27	2.41
	自車線手前	0.48	1.23
	センターライン	0.62	0.85
	対向車線	0.80	0.41
	周辺景観	0.52	1.17
<i>d</i> : Cohen's <i>d</i> ($d < 0.2$: 小, $0.2 \leq d < 0.8$: 中, $0.8 \leq d$: 大)			* $p < .05$

4 考察

本研究では、初心運転者と熟練運転者の直線単路走行時の注視特徴の違いを明らかにし、運転技能の差が視線運動に影響を及ぼすのか否かについて検討した。

4-1 初心運転者群の注視特徴

各 AOI の注視時間割合において対応のない *t* 検定を行った結果、全ての AOI における注視時間割合において有意な群間差異は認められなかった。効果量 Cohen's *d* を算出した結果、センターラインと対向車線において大程度の効果量が認められ、初心運転者群の方が熟練運転者群と比較して注視時間割合が大きかった。また、各 AOI の平均注視時間において対応のない *t* 検定を行った結果、全ての各 AOI における平均注視時間において有意な群間差異は認められなかった。効果量 Cohen's *d* を算出した結果、センターラインと周辺景観において大程度の効果量が認められ、初心運転者群の方が熟練運転者群と比較して平均注視時間が長かった。以上のことから、初心運転者群は熟練運転者群と比較して直線走行時に右側への注視が多い、また直線走行時において重要とは言い難い AOI（周辺景観）を注視し続ける、といった特徴が確認された。Mourant and Rockwell¹³ は、高速道路走行時の初心者と熟練者の注視行動を比較し、初心者は進行方向の右側を多く見る特徴があると報告している。また、嶋崎ら¹⁶ は、映像を用いた実験を踏まえて、事故反復ドライバーは必要のない視覚情報に注意を向けてしまい、重要な情報を取得するための時間を無駄使いしている可能性があるとして述べている。本研究はこれら先行研究を支持する結果であり、高速道路と比較して短い直線道路を走行した場合や実車両による走行においても、同様の特徴が確認されることが明らかとなった。交通事故と関係するヒトの視覚特性の 1 つに視覚吸引作用が挙げられる。これは興味や注意を感じる対象に視線が集中し、無意識にその対象へと近づいていく作用のことであり、情報提供サービス GAZOO から報告されている¹⁷。この作用を踏まえた上で、本研究において確認された初心運転者群の注視特徴は、

運転技能の違いが直線単路走行時の注視行動に及ぼす影響（坂口雄介）

車線の逸脱による対向車との正面衝突事故や危険認知後の回避行動に誤りが生じ、路外の工作物との接触事故といった交通事故に繋がるのが推察される。嶋田ら¹⁸⁾や石田¹⁹⁾は、初心運転者には車線内をフラフラとするような不安定な運転行動が多く見られると報告している。本研究で得られた結果から、その一つの要因として注視行動が関係している可能性がある。

また、初心運転者群の各 AOI の注視時間割合では、自車線手前、センターラインおよび対向車線の箇所が約 75% を占める結果であった（図 4）。つまり、初心運転者群は直線単路走行中、「手前側かつ右寄りの注視」(図 5) であることが推察される。警察庁教習課程準拠の運転教本²⁰⁾に記載されている運転中の視野の配り方・視野の取り方において、視点はできるだけ遠くにとることが危険予測において大切であると述べられている。このことから、初心運転者群に確認された注視特徴は交通事故に繋がる可能性の高い特徴であると推察される。

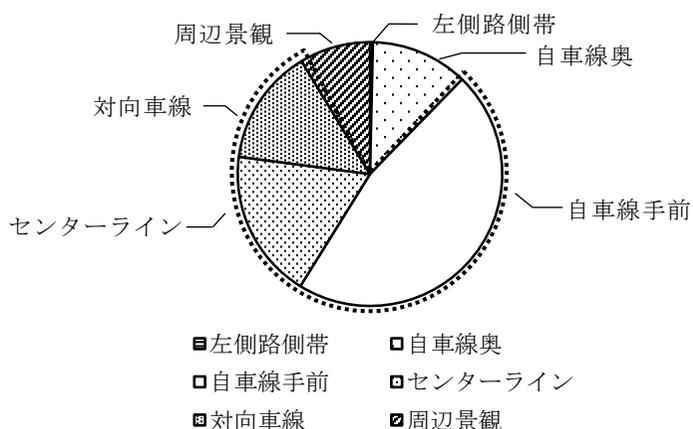


図 4. 初心運転者群の各 AOI の注視時間割合



図 5. 初心運転者群の各 AOI の注視時間割合を踏まえた注視イメージ

出所：解析用ソフトウェア Tobii Pro Lab から引用，筆者加筆

4-2 熟練運転者群の注視特性

各 AOI の注視時間割合において対応のない t 検定を行った結果、全ての AOI における注視時間割合において有意な群間差異は認められなかった。効果量 Cohen's d を算出した結果、左側路側帯、自車線奥、自車線手前においても大程度の効果量が認められ、熟練運転者群の方が初心運転者群と比較して注視時間割合が大きかった。また、各 AOI の平均注視時間において対応のない t 検定を行った結果、同様に全ての AOI における平均注視時間において有意な群間差異は認められなかった。効果量 Cohen's d を算出した結果、左側路側帯、自車線奥、自車線手前においても大程度の効果量が認められ、熟練運転者群の方が初心運転者群と比較して平均注視時間が長かった。以上のことから、熟練運転者群は初心運転者群と比較して直線走行時に自車線を中心とした広く、遠くへの注視が多い、また、同様の AOI を注視し続ける、といった特徴が確認された。先述した視覚吸引作用を考慮した場合において、熟練運転者は安定した走行ができる注視特徴であると推察される。なお、左側路側帯への注視時間割合や平均注視時間が大きくなった要因は、自車両のキープレフトへの意識によるものであると考えられる。キープレフトとは、道路の中央から左側を走行しなければならないという道路交通法²¹⁾第 17 条 4 により定められた日本の道路交通の原理原則である。このキープレフトへの意識から、左側路側帯への注視時間割合および平均注視時間が大きくなったと推察される。

また、熟練運転者群の各 AOI の注視時間割合においても、自車線手前および自車線奥の 2 箇所が約 80% を占める結果であった (図 6)。このことから熟練運転者群は直線単路走行中、「広く・遠くへの注視」(図 7) であることが推察される。熟練運転者群に確認された注視特徴は、運転教本²⁰⁾に記載されている危険予測において大切であると述べられている注視特徴であり、直線単路を安全に走行する際の望ましい注視特徴であると推察される。

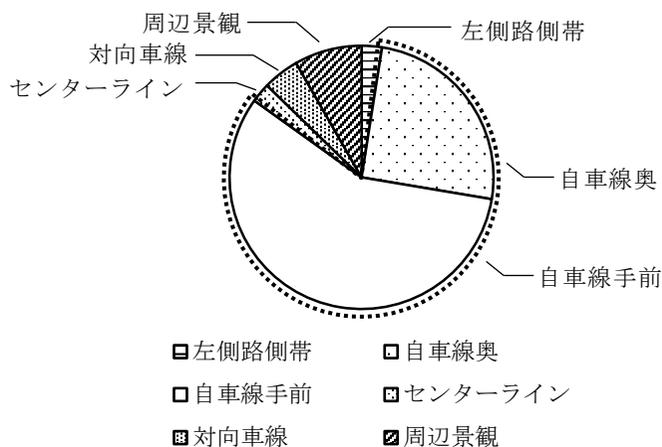


図 6. 熟練運転者群の各 AOI の注視時間割合



図7．熟練運転者群の各 AOI の注視時間割合を踏まえた注視イメージ
出所：解析用ソフトウェア Tobii Pro Lab から引用，筆者加筆

4-3 今後の展望

本研究で得られた知見は、自動車学校の教習コースで実施した研究による成果であるため、結果を運転者全体に一般化することは難しい。今回の結果を一般化するためには、実際の公道での走行とは異なる環境であるという本研究において存在するバイアスを排除し、前走車や後走車などの他の車両および歩行者などを出現させることで、実際の交通環境に近い状況を再現した研究を進める必要がある。また、本研究において評価に用いた指標は割合や時間といった量的データのみとしており、質的データに関しては評価していない。これまで注視行動の質的評価として、補償眼球運動²²⁾と呼ばれる眼球運動に着目した研究²³⁾が行われている。今後は注視行動をさらに詳細に評価をしていくことで、自動車教習場面への活用や交通環境整備などへの応用をより効果的に行うことができる可能性がある。

5 結論

本研究での検討の結果、初心運転者は手前側かつ右側寄りを注視すること、および周辺景観への脇見が多いという特徴が確認された。他方、熟練運転者群は自車線を中心とした手前から遠くまでを広く注視するという特徴が確認された。この結果から、初心運転者と熟練運転者に異なる注視特徴が確認されることが示唆され、熟練運転者は直線単路走行において望ましい注視行動を行なっている可能性が推察された。以上より、本成果を交通安全啓蒙活動や自動車教習場面への活用および道路交通環境の整備への応用を行うことで、直線単路走行中の交通事故抑止の一助となることが期待される。

※図 2、3、4、6 および表 1、2 は筆者作成

<注>

- 1) 警察庁 (2021) 令和 2 年における交通事故の発生状況について。
<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/jiko/R02bunseki.pdf>, (発表日 2021 年 2 月 18 日)。
- 2) Daniel R.Mayhew, Herbert M.Simpson, Anita Pak (2003) Changes in collision rates among novice drivers during the first months of driving. *Accident Analysis and Prevention*, 35 (5).
- 3) Matthews, M.L, Moran, A.R (1986) Age differences in male driver's perception of accident risk. *Accident Analysis and Prevention*, 18.
- 4) Dejoy, D.M (1989) The optimism bias & traffic accident risk perception. *Accident Analysis and Prevention*, 21.
- 5) Groeger, J.A, Brown, I.D (1989) Assessing one's own and other's ability : Influences of sex, and experience. *Accident Analysis and Prevention*, 21.
- 6) A. Ian Glendon, Lisa Dorn, D. Roy Davies, Gerald Matthews, Ray G. Taylor (1996) Age and Gender Differences in Perceived Accident Likelihood and Driver Competences. *Risk Analysis*, 16 (6).
- 7) 公益財団法人交通事故総合分析センター (2011) ITARDA INFORMATION 交通事故分析レポート No.90 死亡事故は中速域走行に多い一要因は漫然・脇見運転一。
<https://www.itarda.or.jp/contents/448/info90.pdf>, (発表日 2011 年 9 月)。
- 8) Hartman, E (1970) Driver Vision Requirements. *Society of Automotive Engineers Technical Paper Series*, 700392.
- 9) 葛西渉, 猿田和樹, 寺田裕樹, 陳国躍 (2019) 運転車教育のためのドライバーの視線計測と分析. 第 51 回日本交通科学学会。
- 10) 岡直輝, 猿田和樹, 寺田裕樹, 陳国躍 (2016) ドライブレコーダ映像に対する注視行動の定量分析. 第 15 回情報科学技術フォーラム。
- 11) 永田雅美, 栗山洋四 (1981) 自動運転初心者の注視行動に関する研究. *自動車技術会論文集*, 23.
- 12) Mourant, R.R, Rockwell, T.H (1972) Strategies of visual search by novice and experiences drivers. *Human Factors*, 14.
- 13) 大島大輔, 山田康右, 竹之内篤, 山下浩行, 中野公彦, 鈴木高宏, 小野晋太郎, 平沢隆之, 洪性俊, 杉町敏之, 鄭仁成, 須田義大, 大口敬, 堀口良太, 白石智良 (2015) ドライビングシミュレータに対するニーズ及び先進的関連技術に関する調査研究. *生産研究*, 67 (2).
- 14) Tobii Pro (2020) *Tobii Pro Glasses 2 User's Manual Version 1.1.3*.
- 15) 神田直弥 (2010) 携帯電話の使用が自転車運転時の注視行動におよぼす影響. *東北公益分科大学総合研究論集*, 19.
- 16) 嶋崎敢, 高橋明子, 神田直弥, 石田敏郎 (2005) 職業運転者の事故傾向と注視特性. *交通心理学研究*, 21 (1).
- 17) GAZOO (2015) ミステリー坂とは? こんな目の錯覚に注意!
<https://gazoo.com/column/daily/15/02/17/>, (発表日 2015 年 2 月 17 日)。

運転技能の違いが直線単路走行時の注視行動に及ぼす影響（坂口雄介）

- 18) 嶋田喜昭，星野貴之，舟渡悦夫，伊豆原浩二（2003）若年ドライバーの性格と交通事故との関連分析．土木計画学研究・論文集，20（1）．
- 19) 石田敏郎（2017）ドライバーの行動と心理 第5回．日新火災 SAFETY INFORMATION，104．
- 20) 警察庁（2013）運転教本（警察庁教習課程準拠）．
- 21) デジタル庁 r-Gov ポータル（1960）昭和三十五年法律第百五号道路交通法．<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=335AC000000105#116>，（施行日：2021年4月1日）．
- 22) 浜田隆史（2002）視覚の話題—補償眼球運動—．電子情報通信学会誌，72（8）．
- 23) 森みどり，中易秀敏，三好哲也（2013）ドライビングシミュレータとアイトラッキングを用いた運転者の眼球運動と車輛軌跡の同期解析．日本機械学会論文集 C 編，79（803）．

主指導教員（村山敏夫准教授）、副指導教員（牛山幸彦教授・田中誠二准教授）