

自動車運転時における交差点右折時の視線運動解析

坂口 雄介

Abstract

The purpose of this study was to analyze eye movements when driving through an intersection using an actual vehicle and to clarify the difference in eye movements between people with and without driving habits. We assigned four participants with driving habits as the driving group and the other four participants without driving habits as the no-driving group. We analyzed the gaze data of the right-turn section with the Tobii Pro Glasses 2. We 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, a significant group difference was observed in the right mirror in the total gazing time ratio by area, and the ratio was more significant in the driving group. Additionally, it was suggested that the driving group tended to have a higher percentage of total gazing to the further view of the progressing direction, while the no-driving group tended to have a higher percentage of total gazing to the nearer view of the progressing direction. The ratio of total gazing time to the duration to turn right tended to be higher in the driving group, suggesting that the driving group efficiently acquired information while driving. It is expected that these results will help to deter traffic accidents at intersections while driving by promoting awareness of traffic safety through appropriate warnings and traffic safety guidance.

キーワード……交通事故抑止 自動車運転 交差点右折 視線運動

1 はじめに

我が国において、自動車乗車中の交通事故抑止は喫緊の課題である。自動車乗車中の死亡事故の割合は歩行中の事故（36.6%）について 2 番目（33.7%）に高いとの報告がある¹⁾。また、その半数以上が交差点（55%）で発生している²⁾。年代別では 20 代の交通事故発生件数が最も高いことも報告されている²⁾。新聞やテレビなどでは高齢者の交通事故が多く取り上げられているため^{3,4)}、自動車乗車中の交通事故といえば高齢者が連想される。しかし、運転免許取得からの期間と事故率に関係があり、運転免許取得からの期間が短いほど事故率が高く、取得からの期間が長いほど事故率が低いことが報告されている⁵⁾。このことを踏まえても、免許を取得してからの期間が短い 20 代が交通事故を起こす可能性が高いことは明らかである。

自動車を運転している際、視覚からの情報取得は非常に重要である。人の五感による知覚のほとんどは視覚である⁶⁾。運転時には 90%以上が視覚から情報を取得しているとの報告がある

7)。法令違反別の交通事故件数割合をみると、安全不確認 (31.9%)、脇見運転 (14.8%)、静岡不注意 (10.6%)、漫然運転 (8.5%)²⁾ と上位 4 項目全てが視覚による情報取得の不足が原因と考えられ、その割合は全体の約 70% に達する。そのため運転者は視覚から状況に応じた適切な情報を取得しながら運転をする必要がある。

これまで自動車運転中の視線解析については多く報告されている^{8,9,10,11)}。和崎⁸⁾ は運転席からの風景画像を用いて日常的な運転経験を通して、視覚探索の視線パターンが変化するかどうかについて研究を行った。その結果、日常的な運転経験においても視覚探索の視線パターンに変化が見られることを明らかにし、注意すべき箇所を見つけ出す効率性が高まることを報告している。また、和崎⁹⁾ は動画像を用いても同様の研究を行っている。さらに、ドライビングシミュレータ^{12,13,14,15)} や実車両^{16,17,18)} を用いた視線運動解析に関する報告も数多く見受けられる。これらを踏まえると、自動車運転中の交通事故抑止に向けた視線解析は注目度が高いと推察される。

しかし、事故が多発すると報告されている²⁾ 交差点に着目した実車両を運転している時の視線運動に関する報告は見当たらない。実車両を用いた実験により、運転習慣の有無における交差点運転時の視線運動の違いが明らかとなれば、より実環境に近いレベルでの運転技能の向上の一助となり、多発する交差点での交通事故の抑止に繋がる可能性が考えられる。そこで本研究では、実車両を用いて交差点を運転する際の視線運動について分析を行い、運転習慣の有無によって視線運動に差が生じるかどうかを明らかにすることを目的とした。

2 研究方法

2-1 対象者

被験者は普通自動車運転免許状を保有している成人男性 8 名 (年齢: 22.4 ± 0.5 歳、免許保有期間: 37.4 ± 2.6 か月、運転歴: 12.1 ± 13.7 か月) とした。8 名の被験者のうち、自家用車を所有しており、日常的に運転習慣がある 4 名 (年齢: 22.3 ± 0.4 歳、免許保有期間: 36.8 ± 3.3 か月、運転歴: 24.3 ± 9.0 か月) を運転習慣有り群とした。また、普通自動車運転免許状を保有しているが自家用車は所有しておらず、日常的に運転習慣の無いもう一方の 4 名 (年齢: 22.5 ± 0.5 歳、免許保有期間: 38.0 ± 1.2 か月、運転歴: 無し) を運転習慣無し群とした。事前の聞き取り調査によって 8 名とも両目の裸眼視力もしくは矯正視力が 0.7 以上であることや、運転習慣以外の要因に関しては両群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 視線運動の解析

視線運動の評価には Tobii 社製の Tobii Pro Glasses 2 (図 1) を採用した。この機材では、額部分に設置されているシーンカメラにより前方の映像 (画面解像度 1920×1080pixel) をフレームシート 25/sec で記録することができる。それぞれの眼を映すようにに向けて設置されている紫外線カメラにより、両眼の視線運動を 100Hz のサンプリングで測定し、サッカード (興味が惹かれた対象物に視線を向けるときに発生する急速眼球移動) の解析に対応できる。なお、シーンカメラ視野角度は 90 度、シーンカメラ記録角度および視野角度は水平方向 82 度、垂直方向 52 度である。測定前にマニュアル¹⁹⁾ に従いキャリブレーションを行い、測定開始ボタンを押すと被験者の視線の測定が開始され、測定終了後に視線映像およびデータは解析用ソフト Tobii Pro ラボに転送することで解析が可能となる。

図 1. Tobii Pro Glasses 2 (Tobii 社製)



出所：Tobii Pro の公式ホームページから引用

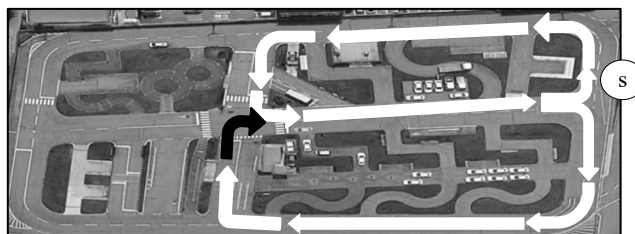
2-3 実験環境および実験手順

実験環境には N 県 N 市の N 自動車学校の教習コースを採用した (図 2)。被験者の携帯電話を Bluetooth で実験車両と接続させた状態で実験者と被験者が通話をする事で、被験者が実験車両のスピーカーから実験者の指示が聞けるように設定した。実験者の指示のもと、被験者に実験コースを走行させた。本番走行では、図 2 のスタート地点 (s) から 8 の字を描くように 1 周 (図 2 白矢印) させ、それを 1 試行とした。その際、信号機の色の変更と歩行者の出現をそれぞれランダムに行うことで、被験者の漫然運転の防止や実験への飽きの排除に努めた。本番走行は 10 試行を連続で行い、データの損傷が最も少なく、かつ被験者が運転する車両が交差点に進入した際に信号機の色が赤であり、歩行者が出現しないという条件を満たした 1 試行分のデータを分析データ (図 2 黒矢印) として採用した。本番走行に先立ち、被験者が実験機材を装着した状態での運転に慣れるために、Tobii Pro Glasses 2 を装着させた状態で練習走行 (実験コース 3 試行) を行った。運転に慣れたことを確認した後に、キャリブレーション¹⁹⁾ を行い、本番走行を実施した。運転座席の位置は個人の自由とし、運転習慣有り群の被験者には「普段の運転姿勢になるように運転座席を合わせてください」、運転習慣無し群の被験者には「最も運転しやすいと感じる位置に運転座席を合わせてください」とそれぞれ同一の指示を行った。また、練習を含めた全ての走行において運転習慣有り群の被験者に対しては、「普段の運転を意識して、安全に運転してください」、運転習慣無し群の被験者に対しては、「安全に運転

してください」と同一の指示を行った。なお、実験者は被験者の運転、および計測データに影響せず実験コースが見渡せる場所から指示を出した。

なお、実験は6:00から9:00の曇天時に実施した。この時間に実施した理由は、自動車学校の教習時間外に実験を実施するためである。また、曇天時に実施した理由は、日中の晴天時に走行した場合、太陽光により動画の白飛びや瞳孔の縮小によるデータの損傷が考えられるためである。

図2. N県N市N自動車学校教習コース



出所：Google Map から N 自動車学校の航空写真を引用，筆者加筆

2-4 分析方法

本研究では右折区間を、「信号機が赤から青に切り替わり、交差点を右折し終えてハンドルを真っ直ぐに戻すまで」と定義した。右折区間の開始と終了は、Tobii Pro Glasses 2 専用分析ソフトの Tobii Pro ラボを用いて、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。

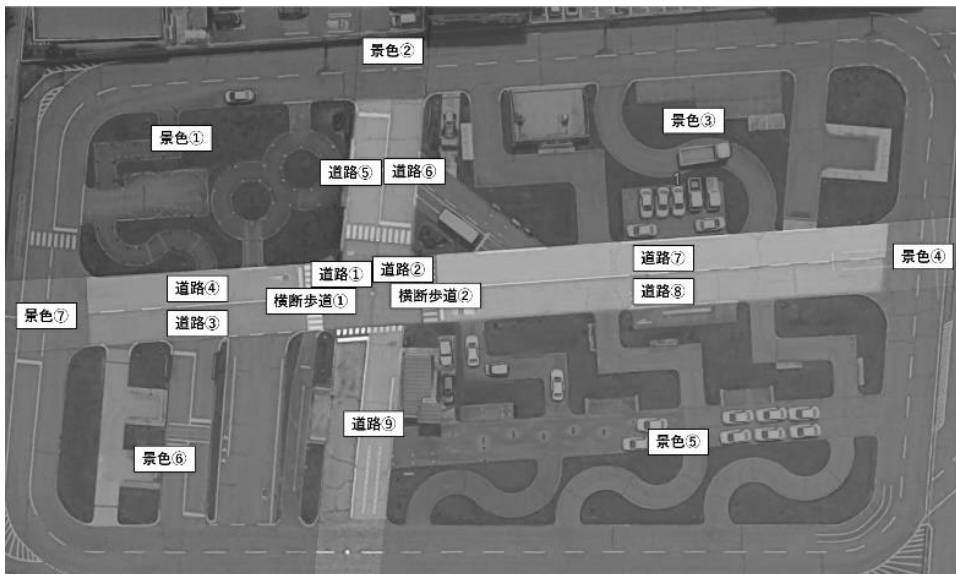
2-4-1 興味領域分析

分析データの解析は Tobii Pro ラボを用い、興味領域（Area of Interest：以下「AOI」と略す）分析を行った。まず、被験者の視界映像のエリア分けを行った。本研究では被験者が交差点右折時にどのような対象に視線を向けているかを明らかにするため、メーター類、ルームミラー、左右のサイドミラー、道路を9か所、横断歩道を2か所、景色を7か所にそれぞれ分類した。赤信号停止位置での被験者目線のエリア分け前後の様子を図3に、航空写真から見たエリア分けの様子を図4にそれぞれ示した。設定した AOI 内に停留した視線のデータは、Tobii Pro ラボ内の解析ツールによりエリアごとの総注視時間割合の指標に出力された。

図 3. 被験者目線のエリア分け前（左）後（右）の様子



図 4. 航空写真から見たエリア分けの様子



出所：Google Map から N 自動車学校の航空写真を引用，筆者加筆

2-4-2 評価指標

評価指標には、視線分析に多く用いられる指標^{20,21)}である総注視時間をエリアごとに算出した。なお、右折に要する時間が被験者によって異なることを考慮し、右折に要する時間を総注視時間で除すことで正規化したエリアごとの総注視時間割合を評価指標とした。なお、注視の判断は Tobii Pro ラボ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と定義し、サッカード発生後、移動速度が 100degree/sec 以下の状態が 40msec 以上継続する場合とした。また、右折を実行する際の情報収集の効率性の評価のために、右折に要する時間と右折を実行する際の全エリアの総注視時間、および、右折に要した時間を右折を実行した際の全エリアの総注視時間で除して算出した、右折に要した時間に対する総注視時間割合を算出した。

2-4-2 統計解析

運転習慣有り群と運転習慣無し群のエリアごとの総注視時間割合、右折に要した時間、右折を実行した際の全エリアの総注視時間、右折に要した時間に対する総注視時間割合について、Shapiro-Wilk 検定を用いて事前に正規性の確認を行った。その後、それぞれの評価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。全ての統計処理には統計ソフト R 4.0.0 for Mac OS X を用い、有意水準は 5% とした。本文においては、特別な指示がない限り、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

Shapiro-Wilk 検定を用いてエリアごとの総注視時間割合、右折に要した時間、右折を実行した際の全エリアの総注視時間、右折に要した時間に対する総注視時間割合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。これを受けて対応のない t 検定を行った結果、まず、エリアごとの総注視時間割合において、右サイドミラーでのみ有意な群間差異が認められ ($t[6] = 3.85, p < .01$)、運転習慣有り群の方が運転習慣無し群と比較して総注視時間割合が大きかった (図 5)。なお、両群ともに値がゼロであったエリアは除外して図を作成した。また、右折に要した時間においては有意な群間差異は認められなかった ($t[6] = 0.30, p = 0.77$) (図 6)。右折を実行した際の全エリアの総注視時間においては有意な群間差異は認められなかった ($t[6] = 0.23, p = 0.83$) (図 7)。右折に要した時間に対する総注視時間割合においては有意な群間差異は認められなかった ($t[6] = 0.20, p = 0.85$) (図 8)。

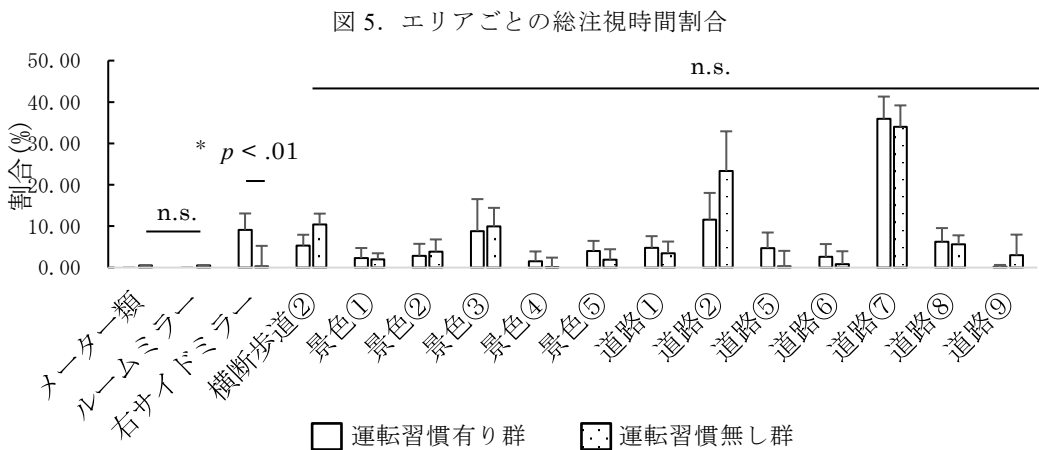


図 6. 右折に要した時間

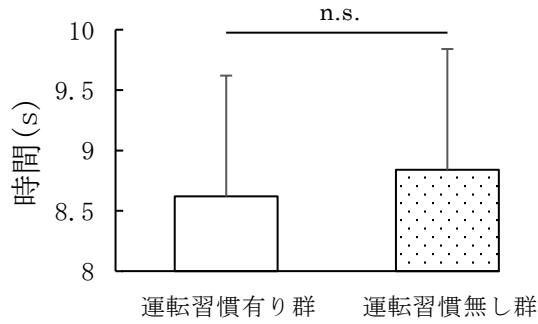


図 7. 右折を実行した際の全エリアの総注視時間

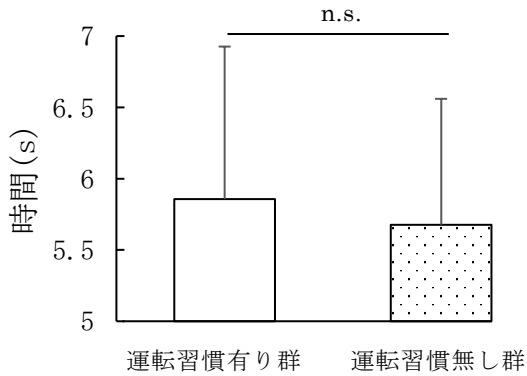
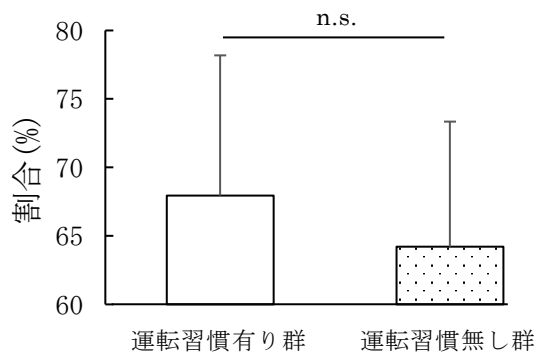


図 8. 右折に要した時間に対する総注視時間割合



4 考察

本研究では、実車両を用いて交差点右折時の視線運動について分析を行い、運転習慣の有無によって視線運動に差が生じるかどうかについて検討した。

4-1 AOI 分析を用いたエリアごとの総注視時間割合の比較

運転習慣有り群と運転習慣無し群において、AOI 分析によって算出したエリアごとの総注視時間割合について t 検定を行った。その結果、右サイドミラーに有意な群間差異が認められ、運転習慣有り群が運転習慣無し群と比較して割合が大きかった。以上のことから、運転習慣有り群は交差点を右折する際に右側後方を安全確認する際に、右サイドミラーを用いていると推察される。他方、運転免許取得の際には技能教習において、交差点右折時には右サイドミラーを用いた右後方確認に加えて、目視による右後方確認を行うように指導されることが一般的である。つまり、道路 9 への総注視時間割合が運転習慣有り群の方が運転習慣無し群と比較して大きくなることが予想されたが、本研究の結果では有意な群間差異は認められなかったものの、運転習慣無し群の方が高い値を示した。N 自動車学校の教官や N 県警察本部の警察官に聞き取り調査を行ったところ、「運転経験が長い人や運転習慣がある人ほど右サイドミラーでの確認が中心となり、目視での確認が省略されることは経験上感じることであるため、この結果は容易に想像ができる」ということであった。このことから、運転習慣や経験が安全確認の省略を招くことが示唆されたため、本研究の結果を踏まえた運転者への指導や意識付けが交通事故抑止には重要であると推察される。

さらに、道路⑤、⑥、⑦、⑧に着目すると、有意な群間差異は認められなかったものの、運転習慣有り群のほうが運転習慣無し群と比較して高い値を示した。他方、道路②や横断歩道②については、有意な群間差異は認められなかったものの、運転習慣無し群の方が運転習慣有り群と比較して高い値を示した。この結果から、運転習慣有り群は進行方向奥側への総注視割合が高く、運転習慣無し群は進行方向手前側への総注視割合が高い傾向であることが明らかとなった。このことから、運転習慣有り群は走行位置の維持などは無意識に行いつつ、進行方向奥側への安全確認を行いながら右折を実行しており、一方の運転習慣無し群は車両付近の道路を確認しながら走行位置の確認を行っているため、前方の安全確認を行えていないまま右折を実行していることが推察される。運転習慣の有無が前方の安全確認ができるかどうかに影響し、自動車を安全に運転できるかどうかに関与することが示唆された。

4-2 右折を実行する際の情報収集の効率性の比較

運転習慣有り群と運転習慣無し群において、右折に要した時間、右折を実行した際の全エリアの総注視時間、右折に要した時間に対する総注視時間割合について t 検定を行った。その結

果、全ての評価項目において有意な群間差異は認められなかった。しかし、右折に要した時間は運転習慣有り群の方が短く、右折を実行した際の全エリアの総注視時間は運転習慣有り群の方が長い傾向を示した。そして、右折に要した時間に対する総注視時間割合は運転習慣有り群の方が高い傾向を示した。本研究で使用した Tobii Pro Glasses 2 では、視線運動を注視、サッカー、unclassified（未分類）、eyes not found（瞬きなどによりデータが取得できない状態）の4つのタイプに分類される^{19, 22)}。サッカーは興味を引かれた対象物に視線を向けるときに発生する急速眼球移動のことであり、先行研究²³⁾の報告を踏まえると、サッカーは十分な情報収集が行えていない視線タイプであることが推察される。つまり、本研究において、注視以外のサッカー、unclassified、eyes not foundの3つの視線タイプでは十分な情報取得を行えていないといえる。以上より、運転習慣有り群の方が運転習慣無し群と比較して右折に要した時間に対する総注視時間割合が高い傾向を示した本研究の結果から、運転習慣有り群は運転習慣無し群と比較して効率的な情報取得を行っており、運転習慣無し群は、視線が定まらず移動し続ける状態が長いいため効率的な情報取得が行えていないことが推察される。

5 結論

本研究での検討の結果、運転習慣有り群の方が運転習慣無し群と比較して右サイドミラーの総注視時間割合が有意に高いことが明らかとなった。また、運転習慣有り群は進行方向奥側を、運転習慣無し群は進行方向手前側を注視する傾向がみられた。さらに、運転習慣有り群は運転習慣無し群と比較して、効率的な情報取得を行っている可能性が示唆された。これらから、運転習慣の有無によって視線運動に差が生じることが確認された。運転習慣の有る者の方が安全運転に繋がる視線運動を行っていることが示唆された。他方、目視により右側後方の確認が省略されることも示唆された。これら結果を踏まえた適切な注意喚起や交通安全指導による交通安全意識の向上を促すことで、自動車乗車中の交差点での交通事故抑止の一助となることが期待される。

なお、本研究で得られた知見は成人男性のみを対象に検討を行った成果であるため、高齢運転者講習会などに成果を応用することは難しい。成人男性のみを対象とした成果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、被験者の属性を広げて調査を進める必要がある。また、本研究では右折時の視線運動に着目したが、交差点での交通事故抑止のためには左折時や直進時においても分析を進めるべきである。最後に、本研究における評価に用いた指標が時間や割合といった量的データのみとしており、質的データは考慮していない。先行研究^{10, 12, 24)}において眼球の動き方に着目した研究に関する報告があるように、今後は質的データについても分析を進めていくことが、交通事故抑止に向けた重要な課題である。

※図 3、5、6、7、8 は筆者作成

<注>

- 1) 警察庁交通局 (2020) 令和元年における交通死亡事故の発生状況等について.
https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/jiko/R1shibou_bunseki.pdf, (参照日: 2020年2月13日)
- 2) 警察庁交通局 (2020) 令和元年中の交通死亡事故の発生状況及び道路交通法違反取締り状況等について.
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00130002&tstat=000001027458&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1val=0>, (参照日: 2020年2月13日)
- 3) 朝日新聞デジタル (2019) 高齢者運転、また悲劇 東京・池袋.
<https://www.asahi.com/articles/DA3S13985114.html>, (2019年4月20日)
- 4) 朝日新聞デジタル (2019) 81歳、免許返納「考えないと」 容疑者死亡で書類送検.
https://www.asahi.com/articles/ASMBX7KFTMBXTIPE036.html?iref=pc_rellink_04, (2019年10月29日)
- 5) 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)
- 6) 教育機器編集委員会編 (1972) 産業教育機器システム便覧. 日科技連出版社
- 7) E Hartman (1970) Driver Vision Requirements. Society of Automotive Engineers, Technical Paper Series, Hillsdale, NJ: Erlbaum 700392
- 8) 和崎夏子 (2019) 日常生活によりもたらされる視線パターンの変容. 日本女子大学人間社会研究科紀要, 第25号
- 9) 和崎夏子 (2020) 日常経験が時空間次元での視覚探索中の視線パターンに与える影響, 日本女子大学人間社会研究科紀要, 第26号
- 10) Gaoffrey Underwood · Peter Chapman · Neil Brocklehurst · Jean Underwood (2003) Visual attention while driving: sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers, *Ergonomics*, 46(6)
- 11) Gaoffrey Underwood (2007) Visual attention and the transition from novice to advanced driver, *Ergonomics*, 50(8)
- 12) 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システムを用いた運転者の眼球運動と車軌跡の同期解析, 日本機械学会論文集(C編), 79巻803号
- 13) 塩田裕也・二瓶美里・長尾朋紀・玉井顯・永見豊・中川浩・後藤誠・松本和也・田村勇二 (2020) ドライビングシミュレータ実験による逆走ドライバーの視行動の特徴に関する分析, 交通工学論文集, 第6巻, 第2号
- 14) 宇野宏・藤田和男 (2002) 通常走行における高齢ドライバーの運転特性に関する研究_その1, 自動車研究, 第24巻第1号
- 15) 宇野宏・藤田和男 (2002) 通常走行における高齢ドライバーの運転特性に関する研究_その2, 自動車研究, 第24巻第1号
- 16) 三浦利章 (1979) 運転場面における視覚的行動: 眼球運動の測定による接近, 大阪大学人間科学部紀要, 5, doi: 10.18910/10889
- 17) 藤森充・上迫宏計・川村幹也 (1999) 高速道路における頭部運動を考慮した運転者の視線計測, 計測

自動制御学会論文集, Vol.35, No.4

- 18) 藤森充・上迫宏計・川村幹也 (2001) 高速道路運転における頭部運動と視線挙動, 計測自動制御学会論文集, Vol.37, No.1
- 19) Tobii Pro (2020) Tobii Pro Glasses 2 User's Manual Version 1.1.3
- 20) Beach P・McConnel J (2019) Eye tracking methodology for studying teacher leaning : A review of the research. *International Journal of Research & Method in Education*, 42 (5)
- 21) 石橋美香子・高橋翠・野崎祥子 (2020) 保育士の経験年数と視線行動の関連 : ウェラブル型アイトラッカーを用いた検討, *認知科学*, 第 27 号, No.4, doi : 10.11225/cs.2020.019
- 22) Tobii Pro (2021) Pro Lab User Manual Version 1.171.1
- 23) A. Terry Bahill・Tom Laritz (1984) Why can't batters keep their eyes on the ball?. *American Scientist*, 72 (3)
- 24) 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*, Vol.72, No. 8

主指導教員 (村山敏夫准教授)、副指導教員 (小林日出至郎教授・田中誠二准教授)