

研究報告

交差点右折を想定した VR 運転映像視聴時における 高齢運転者の視線と運転行動の特徴

野口 佑太¹⁾, 伊藤 正敏²⁾

1) 鈴鹿医療科学大学 保健衛生学部 リハビリテーション学科

2) 三重北医療センター 菰野厚生病院

キーワード： バーチャルリアリティ, 高齢者, 自動車運転, 視線

要 旨

本研究は、バーチャルリアリティ（VR）環境で実写運転映像を用い、前期高齢者と後期高齢者、一般成人の合計 51 名の交差点右折時の視線行動と運転行動を比較した。参加者は VR ヘッドセットを装着し、信号機・右サイドミラーと右窓・対向車の 3 つの関心領域（AOI）への注視と、ハンドル・アクセル・ブレーキの操作を実施した。分析の結果、後期高齢者は対向車への注視時間が短く、前期高齢者は直進時のブレーキ踏力が一般成人より大きかった。また、前期高齢者および後期高齢者は交差点進入時に進行方向と逆の操舵を行う傾向があった。これらの結果から、前期高齢者および後期高齢者は一般成人と比較し、視線行動に偏りを認め、補償的な運転行動がみられる可能性が示唆された。本研究の知見は、VR を活用した安全運転評価や介入プログラムの開発に貢献し、高齢運転者の安全運転支援の具体策につながることを期待される。

1. 目的

我が国の高齢化率は年々上昇しており、令和6年版高齢社会白書によると、65歳以上の人口は3,623万人となり、総人口に占める割合（高齢化率）は29.1%となった。65歳以上の人口のうち、「65～74歳人口」は1,615万人で総人口に占める割合は13.0%となっている。また、「75歳以上人口」は2,008万人で、総人口に占める割合は16.1%であり、65～74歳人口を上回っている¹⁾。また、65歳以上の運転免許の保有者数は1,984万人であり、全年齢による保有者数の構成率では24.2%となっている²⁾。高齢者の交通手段構成比を確認すると、60代、70代ともに自動車（運転・同乗）の割合が最も大きく、この傾向は男性において顕著である。自動車の運転は、通勤や買い物、通院などを目的とした移動手段であり、自立と社会参加を支える重要な活動である³⁾。一方で、高齢運転者による免許保有者10万人あたりの死亡事故件数が増加しており⁴⁾、高齢運転者の安全運転は重要な社会課題となっている。

近年、バーチャルリアリティ（VR）技術は、現実に近い環境を安全に再現する手法として注目されている。運転行動の研究におけるVR技術の活用は、実世界の状況を再現し、貴重な洞察を提供する可能性を示している。VRは運転シナリオを効果的にシミュレートできるため、研究者は視線パターンを含む運転行動の様々な側面を制御された環境で分析することが可能である。

一方で、これまでの研究は前方のモニターに映し出された映像を視聴している際の視線行動を解析するものが多く^{5, 6)}、実際の運転環境とは大きく異なる。そこで、VR技術を活用することによって、前方だけでなく、360度の空間内での視線行動を測定することが可能となる。

本研究では、VR環境において実写運転映像を用いることで、高齢者と一般成人の視線および運転行動を比較し、高齢運転者の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

1) 対象

対象は、前期高齢者17名（範囲：66-74歳）、後期高齢者21名（範囲：75-88歳）、一般成人13名（範囲：23-53歳）の合計51名が参加した。取り込み基準は、普通自動車運転免許を保有し、研究への同意を得た者とした。除外基準は、MMSE-Jのスコアが27点以下の者、精神的な理由により薬物治療を受けている者、および週に1度も運転を行っていない者とした。本研究は、鈴鹿医療科学大学の倫理審査委員会の承認（承認番号：509）を受けて実施した。

2) 測定方法

参加者は室内の椅子に着座し、FOVE 0（FOVE, Inc）を装着して運転映像を視聴し、ハンドル・ペダルコントローラのG923（Logicool Co Ltd.）を操作した（図1）。FOVE 0は、視線追跡機能を搭載した高性能なヘッドマウントディスプレイであり、ユーザーの視線を正確に追跡することが可能である。解像度は、2560 × 1440ピクセル



図1 測定環境

対象者は椅子に着座し、VR用ヘッドマウントディスプレイを装着した状態で、ディスプレイ内に提示される映像にあわせて、ハンドル・アクセル・ブレーキを操作した。

で、約 100 度の広視野角を提供する。視線追跡技術により、ユーザーの注視点を正確に把握し、没入感の高い VR 体験を実現する。フレームレートは 70Hz で、低遅延かつスムーズな動作が特徴である。また、軽量設計により長時間の使用でも快適さを維持することができる^{7,8)}。

最初に、練習用映像を用いて 360°の視界を確認した後、映像内容を説明し、映像に従って注視およびハンドル・アクセル・ブレーキの操作を行うよう指示した。視聴中の音量は 40-50 dB に設定した。映像は VR カメラ Insta360 ONE RS 1-Inch 360 (Arashi Vision, Inc) を車両の運転席に設置し、自動車教習所内で直進、右左折、車線変更等の運転シナリオを撮影した。本研究では、交差点右折時のシナリオを用いて視線および運転行動のデータを FOVE Driving Analyzer で取得・解析した。

3) 映像の概要

本映像は、車両が静止した状態から開始し、直進後に対向車および青信号を確認する場面を含む。その後、交差点へ進入し、右折を行う。右折後、車両は停車し、映像は終了する。映像開始から交差点へ進入するまでの所要時間は 16.35 秒、ハンドルを右に切り始めるのは 19.46 秒経過後であり、映像開始から 28.40 秒後に停車する。なお、VR 映像に合わせてハンドル・アクセル・ブレーキを操作するが、操作によって映像が変化することはない。再生される映像に対象者が正確に合合わせることができるかを測定する。

4) データ分析

視線行動の分析においては、信号機、右サイドミラーと右窓、対向車の 3 つの興味関心領域 (AOI) を設定し、AOI に到達するまでに要した時間 (TTFF)、視点が AOI 内にとどまった合計時間 (DT) および AOI への注視回数 (Rev) を指標とした。運転行動は、各時点における最大アクセル踏力、最大ブレーキ踏力、および操舵角を指標とした。踏力については、最大を 100% として、踏み込んだ力の割合を算出した。

5) 統計解析

統計解析は、SPSS Statistics 28 (IBM Corp, Armonk, NY, USA) を用いた。まず、AOI への視線移動の有無についてカイ二乗検定を行った。次に、Shapiro-Wilk 検定を用いてデータの正規性を確認し、AOI および運転行動の群間差を比較するために Kruskal-Wallis 検定を実施した。有意差が認められた場合には Bonferroni 法を用いて多重比較を行った。なお、有意水準は $p < 0.05$ とした。

3. 結 果

データ解析は、2 名の対象者が映像酔いのため脱落し、最終的に前期高齢者 16 名、後期高齢者 20 名、一般成人 13 名の合計 49 名が対象となった。平均年齢について、前期高齢者は 71.69 ± 2.47 歳 (男性 6 名、女性 10 名)、後期高齢者は 79.00 ± 3.77 歳 (男性 14 名、女性 6 名)、一般成人は 33.62 ± 11.09 歳 (男性 9 名、女性 4 名) であった。平均運転歴は、前期高齢者で 51.30 ± 4.38 年、後期高齢者で 54.90 ± 8.32 年、一般成人で 14.60 ± 11.13 年であった。平均運転頻度は、前期高齢者で 5.97 ± 1.64 日/週、後期高齢者で 5.35 ± 1.81 日/週、一般成人で 6.85 ± 0.38 日/週であった。

はじめに、各 AOI へ視線が移動するか否かについて、解析した結果、いずれにおいても有意差は認められなかった。次に、各 AOI に対する TTFF、DT および Rev について解析した結果、対向車に対する DT においては有意差を認め ($p=0.002$)、多重比較の結果、後期高齢者は対向車を注視していた時間が 2.73 ± 2.01 秒と一般成人の 7.03 ± 3.52 秒に比べ、有意に短いことが明らかとなった ($p=0.012$) (表 1)。

また、最大ブレーキ踏力について、運転開始から交差点進入までの直進時に有意差を認め ($p=0.026$)、一般成人の $39.85 \pm 27.18\%$ に比べて前期高齢者は $66.75 \pm 37.31\%$ と有意に踏力が大きかった ($p=0.043$)。さらに、操舵角において、交差点進入前および進入時に有意差を認め ($p=0.010$)、一般成人の $20.63 \pm 46.48^\circ$ に比べて前期高齢者は $-109.59 \pm 171.40^\circ$ ($p=0.016$) および後期高齢

者は $-59.46 \pm 200.48^\circ$ ($p=0.025$) で進行方向とは逆方向へのハンドル操作が見られることが明らかとなった。その他の指標について、有意差は認められなかった (表 2)。

4. 考 察

本研究では、VR 環境下における交差点右折シナリオにおいて、前期高齢者および後期高齢者と一般成人の視線および運転行動を比較した。その結果、後期高齢者は

表 1 視線行動

	65-74 yrs.	75+ yrs.	Adults	<i>p</i>
n/N	12/16	10/20	10/13	0.173
Traffic light TTFF	5.83(3.92)	5.98(3.31)	4.72(3.23)	0.680
Traffic light DT	1.00(0.85)	0.53(0.47)	1.70(1.47)	0.052
Traffic light Rev	4.33(2.46)	3.20(2.90)	3.90(2.02)	0.345
n/N	16/16	17/20	13/13	0.099
Right side mirror and right window TTFF	14.50(1.03)	12.26(3.73)	12.08(4.11)	0.126
Right side mirror and right window DT	3.24(1.07)	3.33(1.50)	4.53(1.81)	0.203
Right side mirror and right window Rev	3.94(1.12)	4.29(1.72)	3.38(1.89)	0.166
n/N	14/16	14/20	13/13	0.066
Oncoming traffic TTFF	5.70(5.27)	4.92(3.03)	3.08(2.51)	0.227
Oncoming traffic DT	4.40(2.51)	2.73(2.01)	7.03(3.52)	0.002 *
Oncoming traffic Rev	10.86(3.84)	8.50(5.53)	11.38(2.53)	0.198

データは、平均値(標準偏差)で示している。

* $p < 0.05$

65-74 yrs. : 前期高齢者

75+ yrs. : 後期高齢者

Adults : 一般成人

TTFF : AOI に到達するまでに要した時間

DT : 視点が AOI 内にとどまった合計時間

Rev : AOI への注視回数

表 2 運転行動

	65-74 yrs.	75+ yrs.	Adults	<i>p</i>
Accelerator pedal pressure (%) T1	37.06(33.92)	54.80(41.07)	49.46(35.57)	0.353
Accelerator pedal pressure (%) T2	10.31(25.44)	22.20(38.06)	12.38(29.99)	0.855
Accelerator pedal pressure (%) T3	58.25(28.49)	68.45(36.24)	48.08(35.57)	0.262
Brake pedal pressure (%) T1	66.75(37.31)	71.50(36.80)	39.85(27.18)	0.026 *
Brake pedal pressure (%) T2	64.19(35.34)	67.35(37.45)	41.08(26.17)	0.073
Brake pedal pressure (%) T3	41.00(33.07)	50.63(34.16)	27.00(21.30)	0.109
Steering angle (°) T1	-63.94(76.97)	-32.93(102.56)	5.04(19.88)	0.007 *
Steering angle (°) T2	-109.59(171.40)	-59.46(200.48)	20.63(46.48)	0.010 *
Steering angle (°) T3	114.22(156.97)	122.62(163.75)	179.60(64.70)	0.422

データは、平均値(標準偏差)で示している。

* $p < 0.05$

65-74 yrs. : 前期高齢者

75+ yrs. : 後期高齢者

Adults : 一般成人

T1 : 直進 (0 - 16.35 秒)

T2 : 交差点進入 (16.36 - 19.45 秒)

T3 : 右折 (19.46 - 28.40 秒)

対向車への注視時間が一般成人に比べて著しく短いこと、前期高齢者は直進時の最大ブレーキ踏力が一般成人より大きいこと、さらに交差点進入前において前期高齢者および後期高齢者が進行方向と逆の操舵を示す傾向があることが明らかとなった。

本研究の意義は、従来の前方映像のみを用いた視線解析研究^{5,6)}と比較し、360°の視界を計測可能な VR 技術を活用することで、より現実的な運転環境に近い状況下で運転者の行動パターンを詳細に捉えられる点にある。従来の研究では、限られた視界内での情報処理や反応が主に評価されていたが、本研究の手法は、実際の走行中における映像を再現しており、運転時の注意配分や安全判断のプロセスに関する新たな知見を提供する可能性がある。

また、後期高齢者の対向車に対する注視時間が短いという結果は、運転時の情報処理速度や注意資源の配分に対する加齢の影響を示唆する。先行研究においても、加齢に伴う危険な運転行動の指標としての認知機能の可能性を示しており⁹⁾、本研究の結果はこれらの知見を支持する。対向車に対する注視時間の短縮は、対向車や交差点内の他の交通要素に対する認識の遅れや判断ミスにつながる可能性があり、対向車の運転者が想定していない行動をとった場合に対応できないリスクを高めることが考えられる。

さらに、前期高齢者における直進時のブレーキ踏力の増加、前期高齢者および後期高齢者の交差点進入時の逆方向への操舵は、運転時の反応性や補正行動の特性を反映していると考えられる。これらの行動は、前期高齢者および後期高齢者が危険回避や安全確保のために過剰な操作を行う傾向があることを示唆しており、従来の運転技能の枠組みとは異なる運転戦略を採用している可能性がある。このような運転行動の背景には、身体機能や認知機能の変化が影響していると考えられ、今後の運転支援や評価において重要な示唆を提供する。

本研究の限界として、参加者数が少ないため、得られた結果を運転者全体に一般化することには慎重な検討が必要である。また、VR 環境特有の没入感や操作性が実際の運転行動に及ぼす影響についても、さらなる検討が

求められる。さらに、本研究では運転行動の解析において特定の時間における行動のみを対象としたため、時間経過に伴う変化を十分に考慮できていない。したがって、新たな解析手法の検討に加え、より大規模な調査や多様なシナリオを用いた検証が求められる。

5. 結 論

本研究は、VR を活用した新たな実験手法により、前期高齢者、後期高齢者および一般成人の運転時の視線および運転行動の特徴を明らかにした。後期高齢者における対向車への注視時間の短縮、前期高齢者における直進時の過剰なブレーキ踏力、および交差点進入前の逆方向への操舵は、加齢に伴う身体機能および認知機能の変化、ならびに運転戦略の適応を反映していることが示唆された。これらの知見は、運転時の注意配分や補正行動の特性を明らかにし、将来的な運転支援システムや高齢者向けトレーニングプログラムの開発に寄与することが期待される。今後は、VR と実走行データの整合性の検証に加え、個別要因に基づく詳細な解析を進める必要がある。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 JP23K11208 の助成を受けたものです。

文 献

- 1) 内閣府. 令和 6 年版高齢社会白書（全体版）[Internet]. 東京：内閣府；2024 [cited 2025 May 27]. Available from: https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/zenbun/06pdf_index.html.
- 2) 警察庁. 運転免許統計令和 5 年版 [Internet]. 東京：警察庁；2024 [cited 2025 May 27]. Available from: <https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/menkyo.html>.
- 3) 国土交通省. 都市における人の動きとその変化—令

和3年度全国都市交通特性調査集計結果よりー
[Internet]. 東京：国土交通省；2024 [cited 2025 May
27]. Available from: [https://www.mlit.go.jp/report/press/
toshi07_hh_000240.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000240.html).

4) 内閣府. 令和6年版交通安全白書 [Internet]. 東京：内閣府；2024 [cited 2025 May 27]. Available from: [https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r06kou_haku/
index_zenbun_pdf.html](https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r06kou_haku/index_zenbun_pdf.html).

5) Kunishige M, Fukuda H, Iida T, Kawabata N, Ishizuki C, Miyaguchi H. Spatial navigation ability and gaze switching in older drivers: A driving simulator study. *Hong Kong J Occup Ther*. 2019; 32:22-31.

6) Konstantopoulos P, Chapman P, Crundall D. Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility: Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. *Accid Anal Prev*. 2010; 42:827-834.

7) Chernyak I, Chernyak G, Bland JKS, Rahier PDP. Important considerations of data collection and curation for reliable benchmarking of end-user eye-tracking systems. *ACM Symp Eye Track Res Appl*. 2021; 1:1-9.

8) Stein N, Niehorster DC, Watson T, Steinicke F, Rifai K, Wahl S, et al. A comparison of eye tracking latencies among several commercial head-mounted displays. *i-Perception*. 2021; 12:20416695209 83338.

9) Sun QC, Xia J, Li Y, Foster J, Falkmer T, Lee H. Unpacking older drivers' maneuver at intersections: Their visual-motor coordination and underlying neuropsychological mechanisms. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*. 2018; 58:11-18.

ー プロフィール ー

野口 佑太 鈴鹿医療科学大学保健衛生学部リハビリテーション学科・助教 博士（リハビリテーション療法学）
〔経歴〕

2014年名古屋大学大学院医学系研究科リハビリテーション療法学専攻修士課程修了，2019年鈴鹿医療科学大学保健衛生学部リハビリテーション学科作業療法学専攻助教，2025年名古屋大学大学院医学系研究科総合保健学専攻博士課程単位取得満期退学，2025年名古屋大学で博士の学位授与，2019年より現職。〔専門〕リハビリテーション科学，作業療法学，ヒューマンインターフェース。

伊藤 正敏 三重北医療センター 菟野厚生病院・作業療法士 高度専門士（作業療法学）

〔経歴〕2008年ユマニテク医療専門学校作業療学科卒業，2008年JA 三重厚生連入職，2008年より現職。〔専門〕身体障害領域の作業療法。

Characteristics of gaze and driving behavior in older drivers during right-turn VR simulation

Yuta NOGUCHI¹⁾, Masatoshi ITO²⁾

1) Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science, Suzuka University of Medical Science

2) Department of Rehabilitation, Komono Kosei Hospital

Key words: Virtual Reality, Older Adults, Driving, Gaze

Abstract

This study used a virtual reality (VR) environment incorporating real-world driving footage to examine gaze patterns and driving behavior in 51 participants during right turns at intersections. Participants were divided into three groups: early older adults, later older adults, and general adults. While wearing a VR headset, participants directed their gaze toward three areas of interest (AOIs), which included the traffic signal, the right-side mirror and window, and oncoming vehicles. At the same time, they operated the steering wheel, accelerator, and brake. The results indicated that later older adults spent less time observing oncoming traffic. Conversely, early older adults applied greater brake pressure during straight-ahead driving than general adults. In addition, both early and later older adults tended to steer in the direction opposite to the intended path when entering intersections. These findings suggest that early and later older adults show gaze biases and adopt compensatory driving strategies compared to general adults. These results may inform the development of VR-based assessment tools and interventions to promote driving safety among older drivers.