



VR 緊急走行映像を用いた 交通場面ごとの運転スキル評価と振り返りの予備検討

小村太一¹⁾、井上草太¹⁾、山口晋吾²⁾、永田昌平²⁾、山添大丈¹⁾

1) 兵庫県立大学（〒 619-0288 兵庫県姫路市書写 2167, yamazoe@eng.u-hyogo.ac.jp）

2) 姫路市消防局（〒 670-0940 兵庫県姫路市三左衛門堀西の町 3 番地）

概要: これまで我々は、姫路市消防局の協力のもと、VR 緊急走行シミュレータを開発し、緊急走行経験の異なる消防士の運転行動を収集してきた。本研究では、交差点や横断歩道といった交通場面ごとの緊急走行スキルの評価手法の構築を目的とし、視線行動や減速操作などに基づく客観的な行動分析を行った。さらに、収集した運転行動に基づいて生成した VR 緊急走行映像を用い、運転者自身による振り返り評価および別の消防士による他者評価を通じて、消防士視点でのスキル評価の可能性について予備検討を行った。本稿では、緊急走行経験の違いによる運転行動の違いに関する分析結果と、VR 緊急走行映像を用いた自己・他者評価の結果について報告する。

キーワード: VR 緊急走行シミュレータ、運転行動、運転スキル、振り返り

1. はじめに

救急・消防車の緊急走行時の交通事故は、搬送中の傷病者の容態悪化や消防機関への信用失墜など社会的影響が大きい。そのため、事故防止に向けて様々な取り組みが行われているが、出動件数の増加や熟練者の減少などの影響もあり、交通事故件数の大幅な減少にはつながっていない。こうした背景を受け、緊急車両の事故発生件数やその特性について、各国での調査が行われている [2, 3, 5]。国内での調査として、山本らは、交通事故総合分析センターのデータベースを用いて、緊急走行中の救急車事故の件数、事故形態などを調査、分析しており、2013～2017 年までの 5 年間の救急車事故発生件数は 57 件、重傷者数 6 名、軽傷者数 77 名と報告している [11]。乗井らは、全国の消防本部を対象として救急車事故発生件数などの調査を行っており、2017 年～19 年までの 3 年間の救急車事故発生件数は 1,659 件、これらの事故による傷病者数 130 名、死亡者 1 名と報告している [14]。いずれの調査も、緊急走行中の救急車事故のみを調査対象としており、消防車も含む事故件数はさらに多いと考えられる。

緊急走行中の事故防止については、これまでに様々な取り組みが行われている [1, 6, 8]。乗井らは、全国の消防本部を対象として救急車事故防止の取り組みについても調査しており、安全運転研修やドライブレコーダの利用、写真や図での事故分析などが行われていると報告している [14]。また Albertsson らは、救急車ドライバーの洞察力訓練のための e ラーニングシステムを提案し、ドライバーの運転行動、運転能力の認識、リスク評価などに影響を与えることを報告した [1]。近年では、様々な場面で VR を用いた安全教育が行われ始めており、建築現場、線路内作業など、実環境では体験しにくい状況を VR 空間中で体験することで、

効果的な安全教育を実現している。一方で、調査した限り、緊急走行の安全教育を目的とした VR の利用の例はない。

VR を用いた一般車の運転教育については様々な検討があり、自動車教習所などでも利用されていることから、運転教育に対する VR の導入は有効であることがわかる。そのため、緊急走行の安全教育における VR 利用がない理由としては、有効性の問題ではなく、特殊な状況であり、VR 環境の構築が困難であるためと考えられる。

これに対し我々は、VR を利用した緊急走行の安全教育システムの実現を目指し、姫路市消防局の協力のもと、VR 緊急走行シミュレータの研究開発を進めてきた [13, 9]。本シミュレータを消防署に設置し、様々な緊急走行経験を持つ消防士の運転行動を収集することで、経験の違いによる行動の違いについて分析を行ってきた [12]。本稿ではさらに、収集した運転行動に基づいて生成した VR 緊急走行映像を用い、運転者自身による振り返り評価および別の消防士による他者評価を実施し、消防士視点に基づくスキル評価の可能性について予備検討を行う。

緊急走行は実環境での訓練が難しいため、提案する VR 緊急走行シミュレータを活用することで、事故が発生しやすい状況の疑似体験が可能となり、より効果的な緊急走行訓練の実現が期待される。

2. VR 緊急走行データの取得と分析

2.1 VR 緊急走行シミュレータの実装

VR 緊急走行シミュレータは、視線計測機能付のヘッドマウントディスプレイ (HMD, VIVE Pro Eye) とステアリングコントローラ・ペダル (Logicool G29 DRIVING FORCE) を用いて実装しており、Logitech Gaming SDK を利用して、その操作情報を取得した。ソフトウェアの開発には Unity を利用した。シミュレータのベースとして、自動運転シミュ

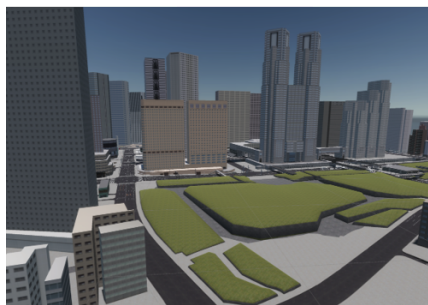


図 1: シミュレータで用いる仮想環境



図 2: 運転者視点の例

レータである AWSIM [10] を利用し、ステアリングコントローラ・ペダルによる車両の操作機能を追加した。さらに、HMD 内蔵のセンサから得られる運転者の頭部姿勢・視線方向と、アクセル・ブレーキ・ハンドル操作といった運転行動、自車両位置などの情報を記録する機能も追加した。仮想環境中の交通環境としては、AWSIM で提供されている西新宿の 3D モデル（図 1）を利用した。

図 2 に運転者視点の VR 環境を示す。緊急走行の臨場感を高めるため、緊急走行中の車両内環境を再現している。姫路西消防署において消防車のサイレンと無線交信を録音し、VR 体験中に再生されるようにした。交差点進入時には周囲への注意喚起のためのモーターサイレンが自動的に流れるよう実装した。さらに、緊急車両の赤色灯を実装し、車内への映り込みも再現した。

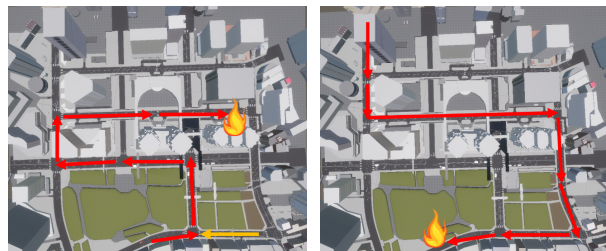
VR シミュレータを用いた緊急走行体験としては、出勤から複数の交差点を通過して現場に到着するまでの一連の流れが体験できる。現場を模した場所には火事の様子を再現されている。さらに実際の緊急走行時には、同乗者より交差点での進行方向の指示が音声で行われることから、本シミュレータでも交差点手前で自動音声による進行方向の指示が行われるようにした。図 3 に、実装した 2 種類のシナリオを示す。各シナリオでは、信号あり交差点や無信号横断歩道を通過し火災現場まで向かってもらい、途中の交差点や横断歩道では、車両や歩行者の飛び出しが発生する。

2.2 VR シミュレータを用いた緊急走行データ取得実験

2.2.1 実験の概要

開発した VR シミュレータを姫路西消防署に設置し、緊急走行中の運転行動データを取得する実験を実施した。

実験では、参加者に消防車の出勤から火災現場到着までの一連の流れを VR 緊急走行シミュレータで体験してもらい、その際の運転行動を取得・比較した。また、昼・夜の



(a) シナリオ 1

(b) シナリオ 2

図 3: 実験シナリオの全体図



図 4: 姫路西消防署での実験の様子

違いによっても運転行動に変化が生じる可能性があるため、各シナリオに昼・夜の 2 パターンを設定し、計 4 種類のシナリオを作成した。

2.2.2 実験手順・条件

実験参加者には、実験の概要と手順、走行時の注意事項について説明し、実験参加への同意を得た。注意事項としては、音声指示に従って走行すること、緊急走行時と同様に安全確認を行うこと、途中で休憩や実験中止が可能であることなどである。説明後、VR シミュレータに慣れるための練習走行を行い、視線データ取得のためのキャリブレーションを行った。

本実験では、実験時間が長くなりすぎないようにするため、4 種類のシナリオのうち最大 3 種類を体験してもらった。参加者が強い VR 酔いを感じた場合は、その時点で実験を終了した。1 シナリオの走行時間は約 2~3 分であり、走行中の運転行動データを取得した。実験終了後には、没入感を評価する Igroup Presence Questionnaire (IPQ) [7]、映像酔いを評価する Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) [4]、緊急車両の運転経験や、消防車・救急車の運転割合などの参加者属性アンケート、の 3 種類のアンケートに回答してもらった。

実験には、姫路市消防局の職員 49 名（緊急車両の運転経験年数が 0~36 年、平均 7.98 年、標準偏差 8.01 年）が参加した。共著者と相談した結果、経験年数 5 年以下を新人（24 名）、5 年超をベテラン（25 名）と定義した。次節の分析では、消防車と救急車の運転割合の違いによる運転行動の違いを考慮し、消防車の運転割合が 5 割を超える参加者 27 名（新人 13 名、ベテラン 14 名）を分析対象とした。

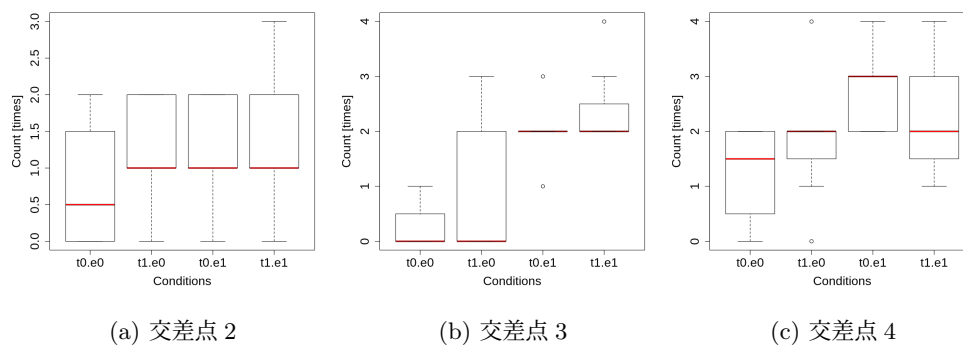


図 5: シナリオ 1 の飛び出し車通過後の車道確認回数 (e0,e1: 新人, ベテラン, t0,t1: 昼, 夜)

2.3 緊急走行経験に基づく分析結果

以下の 3 項目について分析を行った。

1. 信号あり交差点における左右確認回数
2. 信号あり交差点における減速回数
3. 無信号横断歩道における歩行者の視認タイミング

それぞれの項目に関して、新人とベテランの違いを比較した結果、飛び出し車両通過後において、新人と比べてベテランの方が危険性が高い場所の確認する回数や、交差点通過時の減速回数が多い傾向などが見られた。本稿では、これらの結果のうち、信号あり交差点における左右確認回数の結果について紹介する。

2.3.1 左右確認回数の計測

現在の分析では、各交差点における左右確認回数を手作業で計測した。このために、実験中の取得データを基に、運転者視点において視線行動を可視化する動画を作成した。また、各交差点において、車両・歩行者の飛び出しが生じうる場所を「確認すべき場所」として定義し、それらの場所に視線が向けられた回数（確認回数）を計測した。ある交差点における確認すべき場所の例を図 6 に示す。図中の黄色の丸は車両の確認、緑の丸は歩行者の確認が必要な場所を示している。

なお、今回の実験では、多くの交差点で車両の飛び出しが発生するため、飛び出しが起こるまでは、新人であっても周囲に対し十分に注意が払われていたと考えられる。そこで、本分析では飛び出し車両通過後の左右確認回数に着目した。

2.3.2 飛び出し車両通過後の左右確認回数

各シナリオにおける交差点ごとに、新人とベテランの左右確認回数を分析を行った。ここでは、シナリオ 1 の交差点 2-4 の結果を紹介する。交差点 2-4 は、それぞれ左折・直進・右折交差点に対応する。各交差点での左右確認回数の箱ひげ図を図 5 に示す。横軸は経験と昼夜の組み合わせであり、e0, e1 は新人・ベテラン, t0, t1 は昼・夜を示す。

左右確認回数に対して、経験、昼夜を要因とした 2 要因分散分析を行った結果、交差点 3（直進）では経験要因に有意差 ($F=15.441$, $p=.0013<.01$) が、交差点 4（右折）で

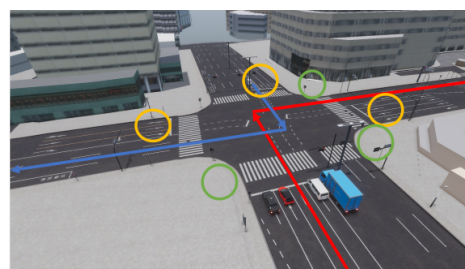


図 6: 分析対象の交差点の例（赤/青矢印は消防車/飛び出し車両の経路, 黄/緑丸は参加者が確認すべきと設定した車道/横断歩道の場所）

も経験要因に有意傾向 ($F=3.385$, $p=.0844<.1$) が確認された。このことから、新人よりもベテランは飛び出し車両通過後の車道確認回数が有意に多い傾向が確認された。

3. VR 緊急走行映像を用いた振り返りとスキル評価

本章では、VR 緊急走行シミュレータによって取得された運転行動データに基づいて生成した映像を用い、運転者自身による振り返り評価および別の消防士による他者評価を通じて、消防士視点での運転スキル評価の可能性について検討する。

図 7 に、運転行動記録に基づき生成した運転者視点の緊急走行映像の例を示す。この映像上では、運転者の注視位置を赤点で可視化しており、右上には俯瞰視点の映像が重畳表示されている。これにより、走行中の頭部・視線の動きに加え、運転時には確認が難しかった周辺の状況も容易に把握できるようになっている。

予備実験には姫路市消防局の職員 9 名が参加した。このうち 7 名には VR 緊急走行シミュレータによる走行を体験してもらい、走行終了後に自らの運転映像を見ながら振り返り、自己評価を行ってもらった。残る 2 名には、別の参加者（2 名分）の運転映像を提示し、その運転スキルに関する評価を行ってもらった。実験前に、全ての実験参加者には、実験の概要と手順について説明し、参加への同意を得た。また、走行体験を行う参加者には、走行時の注意事項

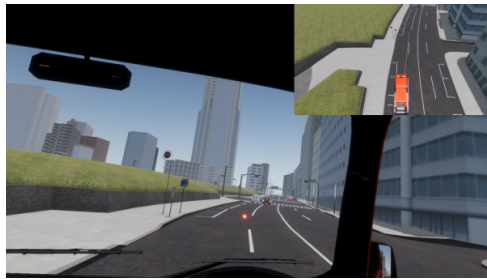


図 7: 運転行動記録に基づき生成した緊急走行映像

についても説明し、練習走行と視線データ取得のためのキャリブレーションも行った。

評価においては、交差点や横断歩道といった交通場面ごとに、運転行動の適切さや問題点に関する気づきや改善点について、自由記述形式でコメントを求めた。その結果、自己評価では「左側ばかりを見ており、前方車両に気づくのが遅れた」、「歩行者に気づいていなかった」といった運転中には自覚しづらい行動への気づきを示すコメントが得られた。一方、他者評価では「歩行者への注意が不足していた」といった自己評価と一致する指摘に加えて、「交差点手前での減速が不十分だった」など、より客観的な視点からのコメントも得られた。

これらの結果から、運転映像を用いた自己・他者による振り返りは、緊急走行における運転スキルの評価手法として有効である可能性が示唆された。今後は、評価指標の明確化やコメント内容の定量化を通じて、消防士の専門的な視点も踏まえた、より客観的なスキル評価の構築を目指す。また、運転映像を用いた自己の振り返りは、自身の運転行動の問題点を自覚・整理する手段としても有効と考えられ、これらについても今後検討していく。

4. まとめ

本稿では、姫路市消防局と協力して開発を進めている VR 緊急走行シミュレータを用いて運転行動データを収集し、緊急走行経験の違いによる運転行動の違いに関する分析結果を紹介した。さらに、交差点や横断歩道といった交通場面ごとのスキル評価手法の構築を目的とし、取得した運転行動に基づいて生成した映像を用いた自己・他者評価を行い、消防士視点での評価の有効性が示唆された。今後は、客観・主観の両面から得られる知見を統合し、消防士の専門的知見も踏まえたスキル評価手法の確立を目指す。

謝辞 本研究は、姫路市大学発まちづくり研究助成金と、JSPS 科研費 23K26082 の助成を受けて実施した。

参考文献

[1] P. Albertsson and A. Sundström. Evaluation of insight training of ambulance drivers in sweden using dart, a new e-learning tool. *Traffic injury prevention*, 12(6):621–629, 2011.

[2] P.-W. Chiu, C.-H. Lin, C.-L. Wu, P.-H. Fang, C.-H. Lu, H.-C. Hsu, and C.-H. Chi. Ambulance traffic accidents in taiwan. *Journal of the formosan medical association*, 117(4):283–291, 2018.

[3] M. Delavary, Z. Ghayeninezhad, and M. Lavallière. Prevalence and characteristics of ambulance collisions, a systematic literature review. *Safety*, 9(2), 2023.

[4] R. S. Kennedy, N. E. Lane, K. S. Berbaum, and M. G. Lilienthal. Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3):203–220, 1993.

[5] A. Koski and H. Sumanen. The risk factors finnish paramedics recognize when performing emergency response driving. *Accident Analysis & Prevention*, 125:40–48, 2019.

[6] N. R. Levick and J. Swanson. An optimal solution for enhancing ambulance safety: implementing a driver performance feedback and monitoring device in ground emergency medical service vehicles. In *Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine*, Vol. 49, p. 35, 2005.

[7] T. Schubert, F. Friedmann, and H. Regenbrecht. The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 10(3):266–281, 2001.

[8] J. Sterten and O. Ogorodnyk. Application of modern educational methods through implementation of the ambulance simulator at a clinic laboratory (ntnu gjøvik). *Procedia CIRP*, 54:41–46, 2016.

[9] T. Sudou, S. Inoue, S. Yamaguchi, S. Nagata, and H. Yamazoe. Preliminary analysis of emergency vehicle driving behavior in traffic signal violation scenarios using a VR simulator. In *ICAT-EGVE*, 2024.

[10] Tier4. Awsim. <https://github.com/tier4/AWSIM>. (Accessed on 04/17/2024).

[11] 山本, 安田, 友安, 坂口, 宮崎. 救急自動車の緊急走行中における交通事故の傾向と対策. *日本臨床救急医学会雑誌*, 23(6):751–758, 2020.

[12] 小村, 井上, 山口, 永田, 山添. VR 緊急走行シミュレータを用いた運転経験の違いによる運転行動の比較. *情報処理学会 HCI 研究会*, pp. 1–8. 情報処理学会, 2025.

[13] 須藤, 井上, 山口, 永田, 山添. VR シミュレータを用いた赤信号下の交差点進入時における緊急走行の運転行動の比較. 第 29 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2024.

[14] 乗井. 救急車による交通事故及び事故防止に関する取り組みの全国調査. 令和 2 年度一般財団法人救急振興財団調査研究事業助成 報告書, 2020.