



路面摩擦に関する視覚情報と運動感覚情報の操作が 運転に及ぼす効果

Effects of visual and kinesthesia information of road friction on driving

片岡純也¹⁾、中村純也¹⁾、井上康之¹⁾、北崎 充晃¹⁾

Junya Kataoka, Junya Nakamura, Yasuyuki Inoue, and Michiteru Kitazaki

1) 豊橋技術科学大学 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, mich@cs.tut.ac.jp)

概要：バーチャルリアリティを用いたドライビングシミュレータを構築し、ドライバーの視覚情報および運動感覚情報の変化が運転に与える影響を調べた。その結果、視覚情報及び運動感覚情報が凍結路を示している場合に平均速度の低下がみられたが、運転しやすさの主観評定では運動感覚情報のみの効果が有意であった。これは、視覚情報は意識には上らないが潜在的に運転制御に利用されていることを示唆している。

キーワード：複合感覚、運転、ドライビングシミュレータ

1. はじめに

自動車を運転する際に人は雨の日の濡れた道路や冬の凍結した道路を走行することを避ける。それらは滑りやすく、交通事故を起こす可能性が高いからである。特に凍結した道路は冬用タイヤを履いていたとしても滑りやすい。中でもブラックアイスバーンでは路面が乾いた黒いアスファルトに見えても実際には薄い氷で覆われているため、凍結していると気づかず十分に速度を落とさずに進入してしまうと大きな事故につながる。

ドライビングシミュレータは操作者とインタラクティブな映像と音響を有し、実際の車両の運転状況を再現するための装置である。この装置はコンピュータゲームなどの運転を楽しむ目的だけでなく自動車教習所用や研究開発用にも利用されている[1]。また、近年では従来のスクリーンに映像を投影する方式ではなく頭部搭載型ディスプレイを身に付けてバーチャル空間で操作が可能なドライビングシミュレータも多く開発されている[2]。

ドライビングシミュレータでの視覚情報の操作が運転に及ぼす影響が調べられている[3]。実験の条件は若い運転経験の多いドライバーと若い初心者ドライバーの運転経験 2 条件×晴天時と霧発生時の視覚情報 2 条件の 4 条件であった。この研究内で運転者は運転の経験にかかわらず晴天時の視界と比較して霧の中で速度を落としている。

また、摩擦による運動感覚情報が運転に及ぼす影響が調べられている[4]。摩擦係数を 0.2 (凍結路の状態) と 0.4 (濡れたアスファルトの状態) に設定し標準シナリオ (白の単線エッジラインと中央分離帯で区切られた 2 車線の道路

から構成されている乾いたアスファルトのコース) から 1 つずつ条件を変え実験を行っている。実験の結果、摩擦係数が 0.2 または 0.4 の場合は標準シナリオと比べて最大加速度や平均速度が低下している。

しかし、視覚情報と摩擦情報を独立に操作し、その組み合わせを検討した研究は未だない。そこで本研究ではバーチャルリアリティを用いたドライビングシミュレータ (DS) を構築し、乾いた路面や凍結した路面などの視覚情報と地面とタイヤとの摩擦による運動感覚情報を独立に操作して、運転に及ぼす効果を調べることを目的とした。

2. 方法

2.1 参加者

実験の目的を知らない 15 名が実験に参加した。すべての被験者は裸眼視力あるいは矯正視力が正常であった。本実験は、豊橋技術科学大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て、その規則に基づいて実施された。全ての被験者実験同意書を理解・合意し、署名したのちに実験に参加した。

2.2 装置

頭部搭載型ディスプレイ (HMD, HTC VIVE PRO) とステアリングコントローラ、ペダル (Logicool G29, LPRC-15000) によって DS を構成した。HMD には Unity (2020.3.4f1) で作成した映像刺激を提示し、ステアリングコントローラとペダルの操作を反映した。

2.3 刺激と条件

コースは道路幅 14m 曲率半径 30m の 90 度カーブ (左右)、カーブ間の緩和区間の直線道路 80m, 40m の 4 つの

パーツのランダムな組み合わせで構成され、コースの全長は 1,712m とした。被験者は運転席からの映像を観察しながらステアリングとペダルを操作し、コースを走行した（速度は 100km/h までに制限）。乾いたアスファルト、濡れたアスファルト、凍結路の外観 3 条件（図 1）と乾いたアスファルト、濡れたアスファルト、凍結路の滑りやすさ 3 条件の組合せ計 9 条件を設定した。滑りやすさは Unity の物理演算で μs 特性[5]を実現した。

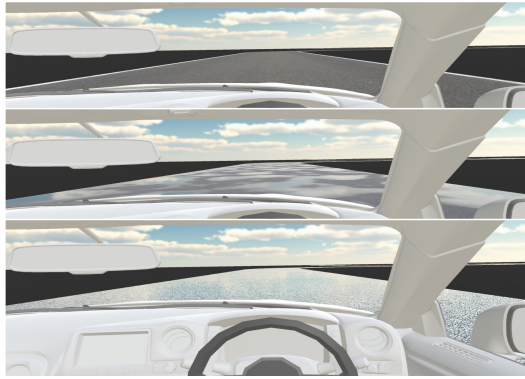


図 1 ドライビングシミュレータの視覚情報：上から乾いたアスファルト、濡れたアスファルト、凍結路

2.4 手続き

各被験者は座席に座り、HMD を装着した。実験は、暗転 (5s)、コース (1712m, 制限時間なし) 走行、評定の順で行った。外観条件 3 条件 (乾いたアスファルト、濡れたアスファルト、凍結路)、摺動性条件 3 条件 (乾いたアスファルト、濡れたアスファルト、凍結路) の組み合わせ 9 条件をランダム順で各 1 回走行した。被験者はコースを走行後、気持ち悪さ、眼の疲れ、ふらつき、運転のしやすさをリッカート尺度の 7 件法で行った。各質問のうち気持ち悪さ、眼の疲れ、ふらつきは SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) [6]を参考に設定した。

3. 結果

運転時の平均速度について、視覚情報 3 水準と摩擦運動感覚情報 3 水準の被験者内要因二元配置分散分析を行ったところ、摩擦の運動感覚情報の主効果 ($p < .001$) および視覚情報の主効果が有意であり ($p = .001$)、交互作用は有意ではなかった (図 2, $p = .063$)。下位検定を行ったところ、摩擦運動感覚情報が凍結路の場合には他の 2 条件よりも有意に速度が遅く ($p < .001$)、視覚情報についても同様に凍結路の場合には他の 2 条件よりも有意に速度が遅かった ($p < .05$)。また、運転のしやすさの評定について同様の分析を行ったところ、摩擦の運動感覚情報の主効果のみが有意であり、凍結路は他の 2 条件よりも運転しにくいと評価された ($p < .001$) が、視覚情報の主効果、交互作用はなかった。

4. 考察

運転の平均速度が、摩擦係数を反映した運動感覚情報が

凍結路を模擬していた時に遅くなったが、視覚情報のみで見た目が凍結路になっているだけでも同様に平均速度の低下が見られた。このことは、運動感覚情報のみならず視覚情報も自動車の運転制御に利用されていることを示唆する。

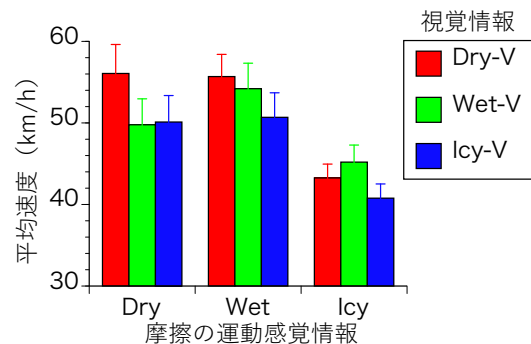


図 2 平均速度の結果

謝辞 本研究は、JST ERATO Grant Number JPMJER1701 (稲見自在化身体プロジェクト)および JSPS 科研費 (JP 20H04489) の補助を受けて行われた。

参考文献

- [1] Wynne, R. A., Beanland, V., & Salmon, P. M. (2019). Systematic review of driving simulator validation studies. *Safety science*, 117, 138-151.
- [2] Zou, X., O'Hern, S., Ens, B., Coxon, S., Mater, P., Chow, R., ... & Vu, H. L. (2021). On-road virtual reality autonomous vehicle (VRAV) simulator: An empirical study on user experience. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 126, 103090.
- [3] Mueller, A. S., & Trick, L. M. (2012). Driving in fog: The effects of driving experience and visibility on speed compensation and hazard avoidance. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 472-479.
- [4] Hamdar, S. H., Qin, L., & Talebpour, A. (2016). Weather and road geometry impact on longitudinal driving behavior: Exploratory analysis using an empirically supported acceleration modeling framework. *Transportation research part C: emerging technologies*, 67, 193-213.
- [5] Park, J., Jeong, H., Jang, I. G., & Hwang, S. H. (2015). Torque distribution algorithm for an independently driven electric vehicle using a fuzzy control method. *Energies*, 8(8), 8537-8561.
- [6] Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S. and Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness, *The International Journal of Aviation Psychology*, 3, 203-220.