



路面摩擦に関する視覚・運動情報と 視点が運転に及ぼす効果

Effect of visual-motor information and perspective on driving.

片岡純也¹⁾, 北崎充晃¹⁾

Junya KATAOKA, and Michiteru KITAZAKI

1) 豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, kataoka.junya.xc@tut.jp, mich@tut.jp)

概要: ドライビングシミュレータを構築し、路面摩擦の視覚情報および運動感覚情報の変化、および視点位置が運転に与える影響を調べた。その結果、路面摩擦の視覚・運動情報が滑り易くなると車速が低下し、視点が一人称視点から三人称視点になると車速が低下した。ステアリング速度は路面摩擦の視覚情報と運動情報で逆の結果となったが、視点の効果はなかった。視点の効果は、運転席からの運転しやすさが反映された可能性がある。

キーワード: クロス・マルチモーダル, 移動感覚, ドライビングシミュレータ

1. はじめに

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氷で覆われているため、凍結していると気づかずに十分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や振動を有し、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。

自由視点映像の技術は近年スポーツ観戦やエンターテインメント事業を中心に活用が進んでいる。自動車を運転する際には駐車時に自動車を頭上から見たような映像を映し出す運転支援機能が多くの自動車に実装されており、自動車運転の分野でも視点を変更させることによる新しい支援技術の活用が進んでいる。

運転時の視点情報が運転に及ぼす影響も調べられている[5]。実験の条件は視界を遮るものがない条件と近くの視界と遠くの視界についてそれぞれ視界を狭め、片方の視界を上下に移動させる条件、中央にある狭めた視界を上下させる条件の 4 条件であった。実験の結果、運転席から近くの視界 (画面下方) を隠すことで運転を楽に感じて運転しやすくなるが運転精度は下がり、遠くの視界 (画面上方) を隠すと運転は忙しくなるが運転精度は高まっている。

しかし、視覚情報と摩擦情報と視点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、地面とタイヤとの摩擦による運動感覚情報、そして視点位置を運転席と車両斜め後方からに操作して、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 被験者

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 EYE) 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 (右左)、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。被験者は運転席または車両斜め後ろ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、凍結路の外観 2 条件、運動特性として乾いたアスファルト、凍結路の滑りやすさ 2 条件、そして運転席、車両斜め後ろの視点 2 条件 (図 1) の組合せ計 8 条件を設定した。滑りやすさの運動特性は Unity の物理演算で μs 特性[6]を実現した。

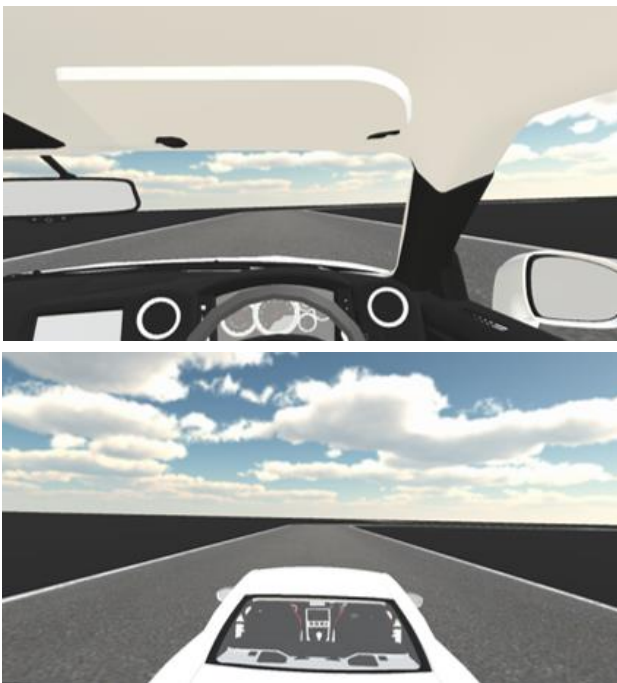


図 1 ドライビングシミュレータの視点情報：上から運転席からの視点、車両斜め後ろからの視点

2.4 手続き

各被験者は座席に座り、HMD を装着した。その後、ア

イトラッキングのキャリブレーションを行った。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 2 条件 (乾いたアスファルト、凍結路)、摺動性条件 2 条件 (乾いたアスファルト、凍結路)、視点条件 2 条件 (運転席、車両斜め後ろ) の組み合わせ 8 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) [7]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 2 水準、摩擦運動感覚情報 2 水準と視点情報 2 水準の反復測定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 ($p = .011$)、視点情報の主効果はなかった ($p = .055$)。いずれの交互作用も有意ではなかった。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乾いたアスファルトの場合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乾いたアスファルトの場合よりも有意に速度が遅かった ($p < .011$)。視点情報では主効果はなかったが p 値は 0.055 でグラフからも運転席からの視点だと速度が速い傾向があった。

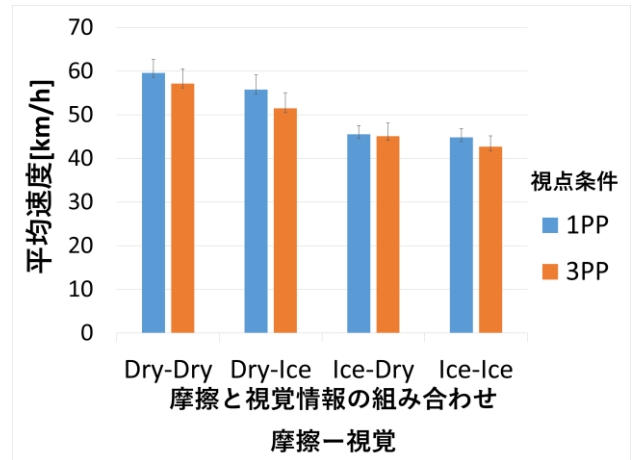


図 2 平均速度の結果

4. 考察

視覚情報・摩擦の運動情報のいずれも、滑り易い凍結路では速度が低下し、慎重に運転することが示された。視点位置については、運転席からの視点の方が、3 人称視点よりも速度が速い傾向にあった。視点が高いと速度が過小評価され、むしろ速くなることが予想されたが矛盾した結果となった。これは運転席からの視点での運転のしやすさ (学習された視覚運動協応) が反映された可能性が高い。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 (JP 20H04489, JP23H03882) 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] Salvucci, D. D., & Gray, R. (2004). A two-point visual control model of steering. *Perception*, 33(10), 1233-1248
- [6] 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.
- [7] 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.