



先行車追従タスクにおける心理的作業負荷の調整に関する検討

内田裕真¹⁾, 石原真紀夫²⁾

1) 福岡工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 (〒 811-0295 福岡県福岡市東区和白東 3 丁目 30-1),

mfm24102@bene.fit.ac.jp

2) 福岡工業大学 情報工学部 情報工学科 (〒 811-0295 福岡県福岡市東区和白東 3 丁目 30-1), m-ishihara@fit.ac.jp

概要: VR ドライビングシミュレータによる実験では運転者の運転特性を調べるために先行車追従タスクがよく使用される。一方で、本タスクがどのような心理的作業負荷を運転者に与えるのかについては明確になっていない。本稿では、車間距離の把握の支援として、距離によって色が変わるマーカー表示を用い、表示を意識しながら適切な車間距離を維持する運転タスクにおいて、先行車の大きさや速度を変えながら実験を行った。その結果、運転者の心理的作業負荷は先行車の大きさに強く依存し、その速度や車間距離の影響は小さいことが分かった。

キーワード: 行動・認知, 移動感覚, 作業支援・評価, VR ドライビングシミュレータ

1. はじめに

VR (仮想現実) 技術の発達により、様々なコンテンツを仮想空間上で体験することができるようになった。VR ドライビングシミュレータもその一部である。また、ドライビングシミュレータによる実験では運転者の運転特性を調べるために先行車追従タスクがよく使用される。西本ら [1] は、ドライビングシミュレータを用いて先行車や先々行車の加減速情報を運転者へ提供することで運転行動に与える影響を検証し、先々行車の加減速情報がアクセル操作や燃料消費率の改善に有効であることを示した。しかし、これらの研究は主に平面ディスプレイ上で行われ、定量的な運転挙動に注目しており、先行車の視覚的な違い (大きさや見た目) による心理的影響や、没入感の高い VR 環境で検証されていない。そこで本研究では、VR ドライビングシミュレータを用いて、視覚的特徴の異なる先行車に追従する際の心理的作業負荷の違いに着目し、その影響を実験的に明らかにすることを目的とする。

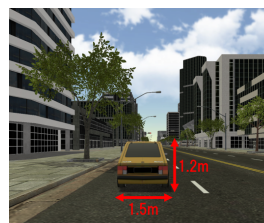


図 1: 乗用車モデル

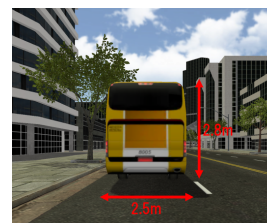


図 2: バスモデル



図 3: 赤色マーカー表示



図 4: 黄色マーカー表示

2. 実験システム

2.1 実験環境

本実験では、VR 空間で実験を行うため、VIVE Focus 3 と Unity を用いてシステムを作製した。操作にはエレコムゲームパッド JC-U3613M を利用した。

2.2 先行車

先行車の視覚的な違いによる心理的な負荷への影響を計測するために、小型の乗用車と大型のバスを用いた。今回用いた乗用車のモデルを図 1、バスのモデルを図 2 に示す。乗用車のモデルは車幅 1.5m で高さ 1.2m で、バスのモデルは車幅 2.5m で高さ 2.8m であった。

2.3 マーカー表示

車間距離の把握の支援として、マーカーの表示を用いた。このマーカーは先行車との車間距離に応じて色が変わり、運

転者に視覚的なフィードバックを与える。具体的には、車間距離が安全な距離未満 (近距離) の場合には赤色のマーカーを表示し、注意喚起を促す。一方で、距離が離れすぎている場合には黄色のマーカーを表示する。車間距離が適切である場合はマーカーは表示されない。赤色マーカーの例を図 3 に、黄色マーカーの例を図 4 に示す。ここで、安全な距離とは、自動車の走行速度に基づいて、安全に停止できると考えられる車間距離であり、佐賀県警察のホームページに掲載されている速度別停止距離一覧をもとに決定した。本実験で用いた先行車の最高速度条件は、20km/h と 50km/h であり、それぞれの安全な距離は 16.68m と 41.67m である。黄色マーカーは、先行車追従タスクを成立させるために、各



図 5: 実験コース

表 1: 実験条件

条件	先行車	先行車の最高速度
1	バス	20km/h
2	乗用車	20km/h
3	バス	50km/h
4	乗用車	50km/h

安全な距離から更に 10m 以上離れたら表示される。

3. 実験

被験者は HMD を装着した状態で Unity で製作した交差点のある全長 1km の直線コースをゲームパッドを用いて、ジョイスティック操作とボタン操作で自動車を運転して先行車追従タスクを行った。その際、ジョイスティックの縦操作にアクセル、左右操作にステアリング、トリガーボタン押下にブレーキを設定した。スティック操作は傾きに応じて 0 ～ 1 の間で値が変化し、アクセルやステアリングを細かく調整できる。トリガーボタンは 0 または 1 の値となる。実験で用いたコースを図 5 に示す。先行車追従タスクでは、乗用車とバスの 2 種類の大きさの先行車を用いた。先行車は設定された最高速度まで加速することができ、信号に従いながら直進する。実験を行った条件を表 1 に示す。実験の先行車の大きさによる順序効果を排除するために、奇数番号の被験者には、条件 1 → 2 → 3 → 4、偶数番号の被験者には、条件 2 → 1 → 4 → 3 の順で実験を行った。被験者には先行車の各速度ごとの実験が終了後、知覚した心理的負荷の順に条件を並び替えるアンケートを行った。被験者は 10 代および 20 代の大学生 8 人（男性 6 人、女性 2 人）であった。被験者の多くは運転免許を所持していてもほとんど運転しない、あるいは免許を所持していない者で構成される。VR の利用経験については、多くの被験者がこれまでに使用したことがなかった。視力に関しては、全員が正常な視力を有しており、必要に応じて眼鏡やコンタクトレンズ等による矯正を行っている。

4. 結果

各実験条件における車間距離の変化を図 6、図 7、図 8、図 9 に示す。また、アンケート結果を図 10 に示す。車間距離の変化を定量的に把握するために、0.5 秒ごとに先行車との距離を計測し、経過時間に対する車間距離の変化を記録した。アンケートは、速度条件ごとに被験者が相対的な順位を付ける形式で実施し、簡単な方を 1 点、難しい方を 2 点

として回答してもらい平均値を算出した。これにより、条件間での比較が可能となった。

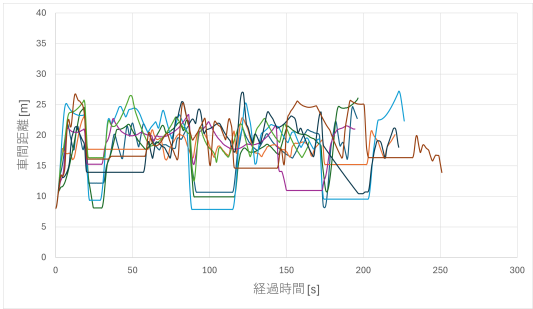


図 6: 条件 1（バス，20km/h）車間距離変化

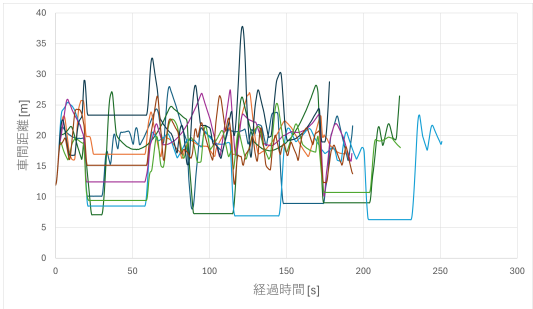


図 7: 条件 2（乗用車，20km/h）車間距離変化

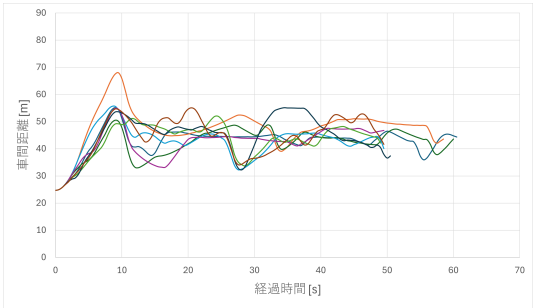


図 8: 条件 3（バス，50km/h）車間距離変化

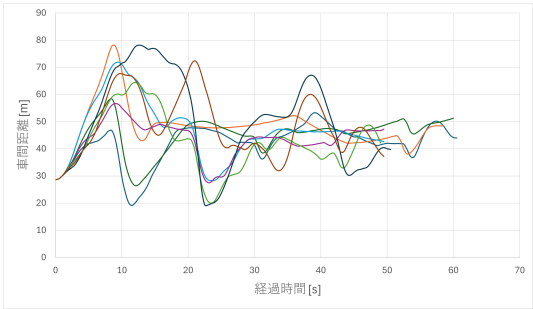


図 9: 条件 4（乗用車，50km/h）車間距離変化

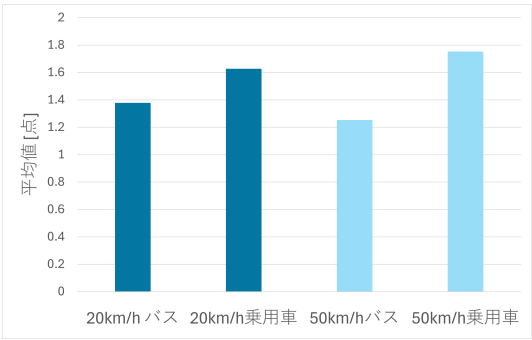


図 10: アンケート結果

5. 考察

本実験では、速度（20km/h・50km/h）と先行車の種類（バス・乗用車）を操作要因として、運転者が表示を意識しながら車間距離を保つ場面における心理的作業負荷について、実測データとアンケートによる主観評価の両面から検討した。

その結果、先行車の種類が運転者の車間距離維持行動に大きく影響することが明らかとなった。特に、乗用車を先行車とした条件では車間距離のばらつきが大きく、安定した追従が難しくなる傾向が確認された。これは、乗用車の車体が小さく、バスに比べて VR 空間における視認性が低かったことに起因すると考えられる。奥行き知覚が制限されやすい VR 環境においては、対象物の大きさや視覚的特徴が距離認識に与える影響が大きく、視認性の低い対象に対しては距離調整が不安定になりやすい。さらに、乗用車条件で見られた車間距離のばらつきの大きさは、被験者が

車間距離の維持を難しいと知覚した主観的評価と対応しており、距離保持の困難さが操作の安定性に反映されていることが示唆された。このような操作の不安定さは、心理的作業負荷の一側面と捉えることができ、被験者が感じた精神的な負荷が行動としても現れていたと解釈できる。

6. まとめ

本研究では、VR ドライビングシミュレータを用いて、先行車追従タスクにおける運転者の心理的作業負荷に関する要因を検討した。実験では、先行車の大きさ、走行速度を操作し、マーカー表示によるフィードバックを用いた走行タスクを実施した。その結果、心理的作業負荷は主に先行車の大きさに依存することが明らかとなった。小型の乗用車を先行車とした条件では、バスと比較して心理的な負荷が高く、実測データとアンケートによる主観評価の両面でその傾向が確認された。一方で、速度の違いによる影響は比較的小さかった。

これらの知見は、運転支援システムの設計や運転学習におけるフィードバック提示方法の改善にも応用が可能であり、今後は対象の視認性や心理的作業負荷を考慮したインタフェース設計が重要になると考えられる。

参考文献

[1] 西元 崇, 松本 修一, 葛西 誠, 長澤 俊範, 岩瀬 幸一：ドライビングシミュレータを用いた情報提供における車両挙動解析－先行車両と先々行車両情報の比較－, 土木学会論文集 D3, Vol.72, No.5 (土木計画学研究・論文集 第 33 巻), I1115-I1122, 2016.