

②市街地を走行する人間ドライバが周辺車両の危険な行動に遭遇した場合の回避行動及び物理的な余裕を確保するための運転行動

自動車安全研究部 ※児島 亨 真鍋 裕輝 北田 幸一 森崎 憲治

1. はじめに

一般道を混走する自動運転車が有すべき安全性に関する全体的な概念として、国連自動車基準調和世界フォーラム（WP.29）の自動運転システムの安全要件及び評価手法のガイドライン（Guidelines and recommendations for Automated Driving System safety requirements, assessments and test methods to inform regulatory development）

(1)では、自動運転車は有能な注意深い人間ドライバ（competent and careful human driver、以下、C&Cドライバ）と同等以上の安全性を有することが記されている。但し、C&Cドライバとはどのようなものか具体的には定義されておらず、今後の自動運転車の認証審査に向けて具体的に定義することが必要となる。

本調査は、市街地を走行中に周辺車両の危険な行動に遭遇した場合の人間ドライバの回避行動について考察するとともに、物理的な余裕を確保するための運転行動について考察するため、交通場面を模擬したドライビングシミュレータ（以下、DS）実験を行ったものである。以下、概要を報告する。

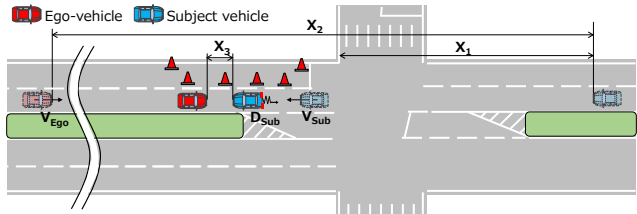
2. 実験方法

2. 1 実験場面

本調査では3つの交通場面（場面1～場面3）を対象とした。

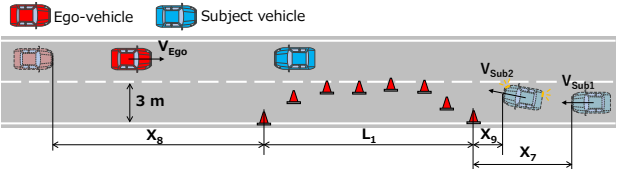
図1に場面1の概要を示す。自車（図中、Ego-vehicle、以下同様）が片側2車線の直線道路（制限速度50 km/h）の第2通行帯を走行中、遠方から逆走車（図中、Subject vehicle）が接近する。逆走車は自車との相対距離が50 mになった時点で3 m/s²で減速する。逆走車に遭遇したドライバの回避行動として、減速と操舵が想定されるが、本調査では減速による回避行動に着目するため、第1通行帯に工事車両とパイロンを設置し、車線を制限した。

図2に場面2の概要を示す。自車が片側1車線の直線道路（制限速度40 km/h）を走行中、対向車線側の工事車線規制区間（以下、工事区間）に接近



Speed limit of the road [km/h]	50
Speed of the ego-vehicle V_{Ego} [km/h]	Controlled by the driver
Waiting position of the subject vehicle X_1 [m]	300
Relative distance between the ego-vehicle and the subject vehicle at the moment the subject vehicle starts moving X_2 [m]	1000
Relative distance between the ego-vehicle and the subject vehicle at the moment the subject vehicle begins to decelerate X_3 [m]	50
Speed of the subject vehicle after it starts moving V_{Sub} [km/h]	50
Deceleration of the subject vehicle D_{Sub} [m/s ²]	3

図1 場面1の概要



Speed limit of the road [km/h]	40
Speed of the ego-vehicle V_{Ego} [km/h]	Controlled by the driver
Waiting position of the subject vehicle X_7 [m]	235
Distance from the ego vehicle to the lane restriction area at the moment the subject vehicle starts moving X_8 [m]	280 (2-1), 300 (2-2), 320 (2-3), 340 (2-4), 360 (2-5)
Distance to the lane restriction area at the moment the subject vehicle begins lateral movement X_9 [m]	33
Speed of the subject vehicle before initiating lateral movement V_{Sub1} [km/h]	$V_{Ego} * 1$
Speed of the subject vehicle after initiating lateral movement V_{Sub2} [km/h]	40
Length of the lane restriction area L_1 [m]	15

図2 場面2の概要

する。工事区間の後方から接近する1台の対向車（図中、Subject vehicle）が工事区間を通過するため、自車の車線に進入する。ドライバは対向車の接近状況に応じて対応することが求められる。本場面では、自車の車線に進入する対向車の接近度合いによってドライバの運転行動がどのように変わるのかを考察するため、対向車が発進する時点における自車から工事区間までの距離（図中 X_8 ）を実験変数とし、5水準設定した。尚、 X_8 が最も短い条件（280 m）でも、自車が速度40 km/hで減速せず走行した場合に対向車との衝突は発生しない。

図3に場面3の概要を示す。自車が片側1車線の直線道路を走行中、自車側の工事車線規制区間（以下、工事区間）に接近する。対向車線上には1台の対向車（図中、Subject vehicle）が走行している。ドライバは対向車よりも先に工事区間を通過する

かまたは工事区間の手前で待機して、対向車とすれ違った後に工事区間を通過するかを意思決定し対応することが求められる。本場面では、自車が対向車線に進入する際に対向車の接近度合いによってドライバの運転行動がどのように変わるのかを考察するため、対向車が待機中の工事区間までの距離（図中 X_{10} ）を実験変数とし、5水準設定した。また、本場面では、図中 X_{10} 、 X_{11} の設定値を場面 2（図 2）の X_7 、 X_8 と同じ値とした。これにより、 X_{10} が最も短い条件（280 m）でも、自車が速度 40 km/h かつ場面 2 で対向車が工事区間を通過した時と同じ走行軌跡で、対向車に先回りして工事区間を通過した場合、対向車との衝突は発生しない。

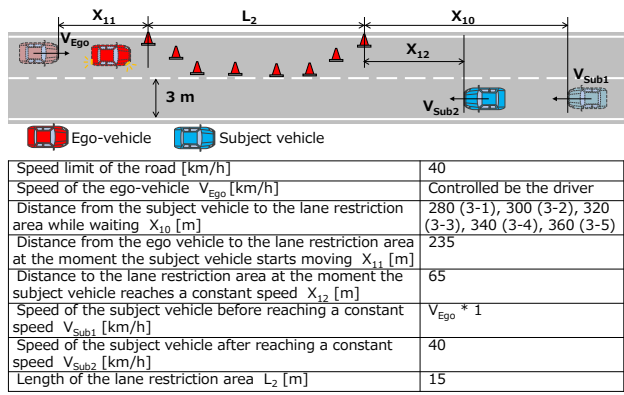


図 3 場面 3 の概要

2. 2 実験に使用した DS

図 4 に実験に使用した DS の外観の写真を示す。小型乗用車の車体を使用し、運転席及び操作系は実車と同様である。6 軸アクチュエータと前後並進装置を組合せた動揺装置により、ドライバは車両の運動を体感可能である。また、映像描画用スクリーンに 55 インチの有機 EL パネルを全周に配置することにより、水平方向の視野角は 360 度確保され、解像度の高い画像を描画することが可能である。

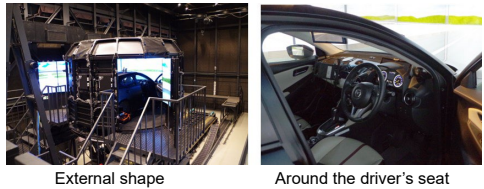


図 4 実験に使用した DS の外観

2. 3 実験参加者の構成及び手続き

実験参加者は運転歴 5 年以上で日常的に運転を行う 23 歳～60 歳の一般ドライバ 22 名（男性 10 名、女性 12 名）とした。実験参加者に対し、書面

と口頭で実験内容、注意事項等について説明した後、実験参加者の意思により同意書へ署名してもらった。また、本実験は当研究所の「人間を対象とする実験に関する倫理規定」に基づき倫理審査委員会の承認を得た上で実施した。

3. 実験結果

場面 1 では、22 名中 21 名が逆走車との衝突を回避した。また、本場面では逆走車が 3m/s^2 で減速したが、仮に減速しなかった場合でも、18 名の実験参加者は自車の減速により、衝突するまでの間に完全停止したことがわかった。

場面 2 では、対向車との相対距離（図 2 の X_8 ）の条件によってブレーキ操作を行う人数が変化し、 X_8 が最も短い条件では 22 名中 21 名、最も長い条件では 8 名がブレーキ操作を行った。また、対向車とすれ違うまでの間の最低速度も X_8 の条件によって変化し、 X_8 が最も短い条件では約 9 km/h、最も長い条件では約 37 km/h（いずれも 22 名の中央値）となった。尚、対向車との衝突は発生しなかった。

場面 3 では、対向車との相対距離（図 3 の X_{10} ）の全ての条件において、工事区間の手前で対向車の通過を待機する人数が先回りする人数を上回った（ X_{10} が最も短い条件では 20 名が待機、最も長い条件でも 16 名が待機）。一方、いずれかの条件で先回りした人が 8 名おり、この多くは、場面 3 で対向車線に進入した時の方が、場面 2 で対向車が自車の車線に進入した時よりも、対向車と同じ車線にいる間の最小相対距離が短かったことがわかった。尚、先回りしたのべ 21 例のうち、1 例で衝突が発生した。

4. まとめ

本調査では、3 つの場면을対象とした DS 実験の結果から、市街地を走行中に周辺車両の危険な行動に遭遇した場合の人間ドライバの回避行動について考察するとともに、物理的な余裕を確保するための運転行動について考察した。

参考文献

- (1) UN ECE : ECE/TRANS/WP.29/2024/39 (2024)
<https://unece.org/sites/default/files/2024-11/ECE-TRANS-WP.29-2024-39e.pdf>