

# 先進運転支援システムにおける アラームタイミングの最適化に関する研究

## A Study of the Optimization of Alarm Timing in Advanced Driver Assistance Systems

楊文通<sup>†</sup>, 松林翔太<sup>†</sup>, 三輪和久<sup>†</sup>, 來山真也<sup>‡</sup>, 大塚まなぶ<sup>‡</sup>, 浜田康司<sup>‡</sup>  
Wentong Yang, Shota Matsubayashi, Kazuhisa Miwa, Shinya Kitayama, Manabu Otsuka and  
Koji Hamada

<sup>†</sup> 名古屋大学, <sup>‡</sup> 株式会社デンソー  
Nagoya University, DENSO CORPORATION  
yang.wentong.e4@s.mail.nagoya-u.ac.jp

### 概要

近年、先進運転支援システム (ADAS) の普及が加速しており、ドライバーへの情報提供が著しく進化している。ADAS は多くのセンサーを用いて運転環境を監視し、適切なタイミングでアラームを行うことが求められている。本研究では、交通弱者に対して発されたアラームの様々なタイミングの有効さを調査した。結果として、交通弱者が検出されにくいタイミングほど、その有効さはより高く評価された。この知見は ADAS のアラームシステムの最適化に貢献するものと期待される。

**キーワード:** 交通安全 (Traffic safety), 先進的運転支援システム (Advanced Driver Assistance System), 交通弱者 (Vulnerable Road Users)

### 1. はじめに

近年、先進運転支援システム (ADAS) の普及が急速に進展している。ADAS は複数のセンサーを活用し、ドライバーに運転に関する情報を提供するものである。しかし、アラームの発報タイミングが不適切な場合、ドライバーの情報受容に障害が生じることが確認されている。例えば、Lee et al. (2002) の研究では、早期のアラームがドライバーにとって不快であると指摘されているため、アラームは適切なタイミングに行うことが必要とされる。

また、交通弱者 (VRU) に関する問題にも注目が集まっている。VRU は歩行者や自転車利用者など、自動車以外の道路利用者を指す。Tay (2015) の研究によると、交差点での交通流が複雑で、VRU の安全リスクが高まる。このリスクの増大は、交差点でドライバーは VRU を正確に検出することが困難、つまり VRU の検出力が低いことに起因していると思われる。それについて、Yang et al. (2024) は交差点における VRU を 10 種類に分類し、それぞれの検出力が衝突リスクの高ま

りによってどう変化するかを調査した。衝突リスクに関しては、ドライバーが VRU との最接近点に到着するまでの猶予時間  $t$  と到着時の両者間距離 (DCPA) に着目した。 $t$  が短いほど、衝突を避ける猶予時間が少なく、衝突リスクは高くなる。または DCPA が近いほど、最接近点で自車と VRU の間の距離より近く、衝突リスクは高くなる。ADAS は、VRU の検出力が低いタイミングでアラームを発報することが適切で、事故の予防に有効だと考えられる。

以上の研究を踏まえ、本研究の目的は、アラームが発された、VRU の様々な検出力のタイミングの有効さに対して、ドライバーがどう評価するかを確認することである。

### 2. 実験

#### 2.1 参加者

Crowdworks を用いて、314 名 (男性 184 名、女性 130 名、平均年齢 42.35 歳、 $SD = 9.09$ ) の参加者を募集し、実験を実施した。参加者に謝金を支払った。

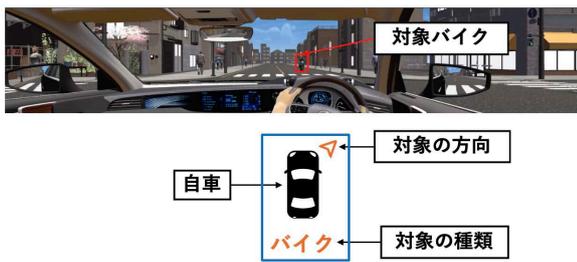
#### 2.2 実験刺激

本実験では、交差点における車両の右左折の現実的な運転場面をシミュレーションする動画を Unity で制作した。動画中に、VRU の位置を提示するアラームが表示された。動画の長さは 20 秒であった。

##### 2.2.1 アラームの構成

実験動画に表示されるアラームは、黒い車マーク、オレンジ矢印、オレンジ文字の 3 つの部分によって構成されていた (図 1)。黒い車マークはドライバーが運転している車を意味する。このマークは常に表示された。オレンジ矢印とオレンジ文字は動画中に、2 秒間表示された。二者の表示されたタイミングと消えるタイミングは同じだった。オレンジ矢印は、1 秒 2 回の頻度で点滅するように設定した。

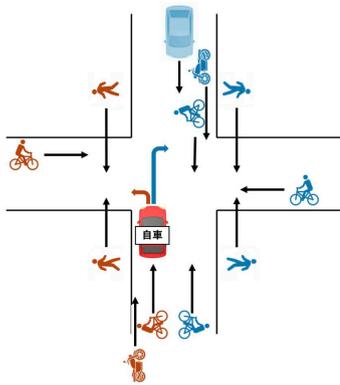
図1 実験課題のスクリーンショット



### 2.2.2 アラーム対象

本実験では、Yang et al. (2024) が扱った 10 種類の VRU に、右折時の自車と同方向に移動する自転車と右折時の自車の対面方向から移動してくる自動車を追加した。全部で 12 条件の対象を取り入れた (図 2)。

図 2 本実験のアラーム対象を示す。青とオレンジ色はそれぞれ右折、左折時のアラーム対象である。



### 2.2.3 アラームの表示時間

アラームの表示時間は、 $t$  によって 4 条件とした。 $t = 11s \sim 9s$ 、 $t = 8s \sim 6s$ 、 $t = 5s \sim 3s$ 、 $t = 2s \sim 0s$  であった。例えば、 $t = 5s \sim 3s$  の場合は、最接近点に到着するまであと 5s の時にアラームが表示され、あと 3s の時にアラームが消えた。

### 2.2.4 DCPA

DCPA は 1m、5m の 2 条件とした。自車がアラーム対象との最接近点に到着した時、アラーム対象との距離が 1m、5m であった。

### 2.3 手続き

本実験は Web ブラウザ上で実施した。本課題の開始前に、参加者は課題内容についての教示を受けた。その後、実験課題に移動した。実験刺激の提示順序は、ランダム化された。1 試行は動画視聴フェーズと、評価フェーズに分かれた。動画視聴フェーズでは、参加者は 20 秒の運転動画を視聴した。動画が停止した後、評価フェーズに移動した。評価フェーズでは、参加者は「アラームが出されたタイミングはどれほど有効でしたか？」という質問に対して、「全然有効では

なかった」から「とても有効であった」まで 4 段階で回答した。本課題が完了した後、参加者の性別、年齢について尋ねた。

### 3. 結果と考察

最接近点までの猶予時間  $t$  を横軸、アラームタイミングに対する有効さ評価を縦軸とする作図した。なお、DCPA は、凡例として示されている。図 3、図 4 は代表的な例の結果を示す。

Yang et al. (2024) が整理した各 VRU の検出力を参照し、検出力が低いタイミングほど、ドライバーはより有効さを高く評価したという結果が多くみられた。Lee et al. (2002) が指摘したように、アラームタイミングが早すぎるとドライバーは不快を感じ、その有効さをより低く評価することも見られたと考えられる。一方、自車と同方向移動する自転車に対しては、検出力が高いタイミングの有効さも高く評価された。

図 3 アラームタイミングの有効さ評価と  $t$  の関係を示す。エラーバーは標準誤差である。

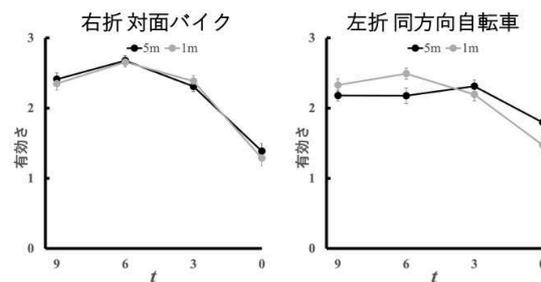
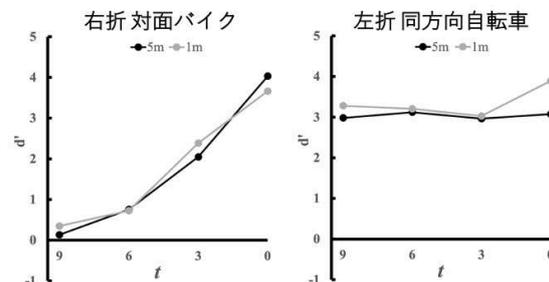


図 4 アラーム対象の検出力と  $t$  の関係を示す (Yang et al., 2024)。



### References

- Lee, J. D., McGehee, D. V., Brown, T. L., & Reyes, M. L. (2002). Collision warning timing, driver distraction, and driver response to imminent rear-end collisions in a high-fidelity driving simulator. *Human Factors*, 44(2), 314–334.
- Tay, R. (2015). A random parameters probit model of urban and rural intersection crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 84, 38–40.
- Yang, W., Matsubayashi, S., Miwa, K., Kitayama, S., Otsuka, M. & Hamada, K. (2024). Assessment of the Detectability of Vulnerable Road Users: An Empirical Study. In *Proceedings of the 19th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*, 508–515.