

運転者対象物体検出能力の定量評価方式における  
注視点計測環境の改善

Improvement of Eye Tracking Setup for Quantitative Assessment  
of Drivers' Object Detection Ability

内山 怜哉<sup>†</sup> 吉田 大祐<sup>‡</sup> 中田 洋平<sup>†,‡</sup>

Reiya Uchiyama Daisuke Yoshida Yohei Nakada

## 1. はじめに

近年、高齢化が進む国や地域では、高齢運転者の運転能力低下と、それに伴う交通事故が社会問題となっている[1]-[3]。例えば、警視庁の発表によれば、2023年における管轄内での65歳以上の高齢運転者による交通事故の割合は15.4%に達しており、無視できない水準である[3]。また、その約81.0%において「発見の遅れ」が要因とされている[3]。このようなことから、高齢運転者自身が、見落とすと危険な物体に対する検出能力を把握することは、安全運転意識の向上や、免許返納やサポートカー限定免許への移行を後押しするうえで重要である。しかしながら、著者らの調査によれば、違反歴のある高齢運転者を対象とした認知機能検査などは存在しているものの、誰でも容易に実施可能な、運転時の物体検出能力を定量評価する方法は未だ整備されていないのが現状である。

このような背景を踏まえ、著者らはこれまで、所属研究室で開発を進めてきている誘目性定量評価法[4]と、市販の装着型注視点計測デバイス[5]を用いて、高齢運転者による交通事故の主要因の1つと言える対象物体検出能力を容易に定量評価可能な方式を提案してきた[6][7]。ただし、同方式で用いる注視点計測環境には、被験者に提示する運転状況動画像の内容や構成などに改善の余地があった。そこで、本稿では、同計測環境に対して、本邦の都市部での交通事故頻発状況を再現した危険運転状況動画像を新たに導入するなどして改善を図る。また、改善後の注視点計測環境を用いて、初期的な動作検証を実施する。

## 2. 物体検出能力定量評価方式の概要

本節では、著者らが研究を進めてきている物体検出能力定量評価方式[6][7]について概説する。同方式[6][7]は、誘目性定量評価法[4]を利用して、車載カメラ動画像から自動車運転者用の確率的顕著性マップを算出して、歩行者などの物体に対する運転者の目の行きやすさを確率値として評価する。この確率値は、言わば、標準的な運転者では、その状況で対象物体にどれくらい目が行きやすいかを表すものと言える。ここで、誘目性定量評価法[4]で算出された時刻 $t(t=1,2,3,\dots)$ の確率値を $p_t$ と書くとする。このとき、一定の仮定の下で、標準的な運転者において時刻 $t$ で初め

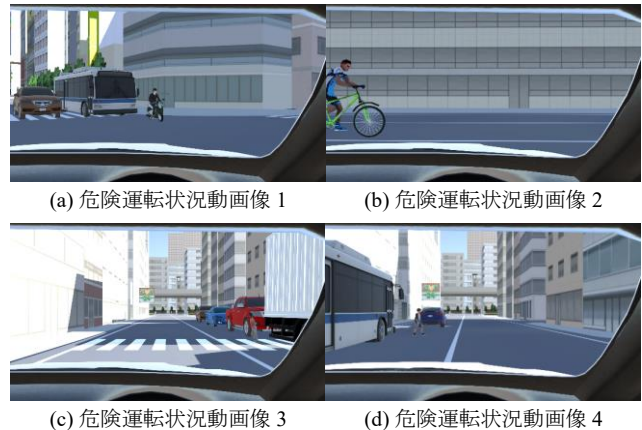


図1 拡充した危険運転状況動画像のフレーム例

て対象物体に目が向く確率は、次式のようにになる。

$$P_t = p_t \prod_{t'=0}^{t-1} (1 - p_{t'}), \quad P_0 = p_0 \quad (1)$$

これを用いて、時刻 $t$ までに1度は対象物体に目が向く確率は前述の確率の和として次式のようにになる。

$$F_t = \sum_{t'=0}^t P_{t'} \quad (2)$$

同方式[6][7]は、対象物体に初めて目を向けた時刻から、対応する確率値 $F_t$ を用いて、物体検出能力の水準を評価する。より具体的には、確率値 $F_t$ は、0~1の値を取り、その値が小さければ小さいほど、早い段階で対象物体に目を向けており、物体検出能力が高いと評価されることとなる。

## 3. 注視点計測環境の改善

前述した定量評価方式[6][7]では、実際に被験者の注視点を計測し、実際にどの時点で対象物体に視線が向けられたかを確認する必要がある。そのため、同方式では、著者らの所属研究室で、ユニティテクノロジーズ社が提供しているゲームエンジン Unity[8]を利用して試作してきている運転状況シミュレータ[9]を用いて、危険運転状況や非危険運転状況などの動画を再現して、3台のモニターで構成される注視点計測環境にて、被験者に提示し、装着型注視点計測デバイス[5]により注視点を計測してきた[6][7]。ただし、前述のように、注視点計測環境には、運転状況動画像の内容や構成などに改善の余地があった。そこで、同計測環境に対して、危険運転状況動画像の拡充や修正を行うなどして改善を図った。

<sup>†</sup> 明治大学大学院 先端数理科学研究科  
Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University

<sup>‡</sup> 明治大学 総合数理学部  
School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University

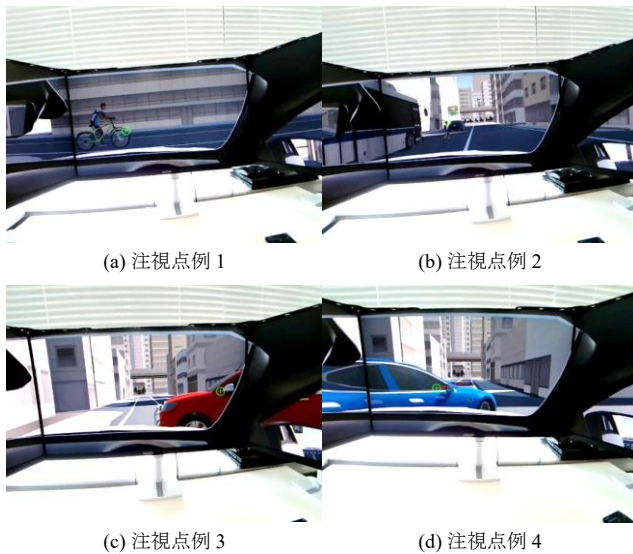


図 2 計測した注視点の例

具体的には、拡充した危険運転状況動画は、本邦の都市部での交通事故頻発状況のものであり、映像資料[10]-[12]などを活用して調査を行い、再現を進めてきたものである[13]。図 1 は、拡充した危険運転状況動画のフレーム例を示しており、各々、(a) 自車が信号機のある交差点を右折する際に停車している対向車線の自動車の影からバイクが飛び出してくる状況、(b) 細道から大通りに左折で侵入する際に左側から自転車が飛び出してくる状況、(c) 対向車線が混雑している片側 1 車線の一般道路を走行中に対向車の間から子供が飛び出してくる状況、(d) 停車中のバスを追い越す際にバス前方から子供が飛び出してくる状況のものを示している。また、このような拡充以外にも、これまで再現してきた危険運転状況に関して、車両および歩行者について、より多くの種類の 3D モデルを導入して置き換え、車両の動きなどもより実際的なものとなるように修正した。このようにして、より実際的な計 9 つの危険運転状況動画を提示できるようにした。更に、装着型注視点計測デバイスもより精度の高いもの[14]に変更して計測を行うように改善した。

#### 4. 初期的動作検証

改善後の注視点計測環境の動作確認を目的として、複数人の被験者を対象に初期的動作検証を実施した。図 2 は、初期的動作検証により実際に計測した後に、新たに拡充した危険運転状況動画のうち 2 つと修正した危険運転状況動画のうち 2 つ、計 4 つについて、特定フレームにおける注視点を図示したものである。図 2 の(a)は、細道から大通りに左折で侵入する際に左側から自転車が飛び出してくる状況、(b)は、停車中のバスを追い越す際にバス前方から子供が飛び出してくる状況、(c)は、右側の脇道から他車が飛び出して自車の前方に入り込む状況、(d)は、他車に左側から幅寄せされ追い越される状況のものである。なお、図中の緑色で示される円が注視点を表している。これらの結果から、被験者の注視点が適切に計測できている様子が見て取れる。また、飛び出してきた人や車などの対象物体に対して被験者が視線を向けていることも確認できる。この

ように、本初期的動作検証を通じて、改善後の注視点計測環境において注視点が適切に計測できることを確認した。

#### 5. おわりに

本稿では、運転者の対象物体検出能力に対する定量評価方式 [6][7] で用いる注視点計測環境に対して、本邦の都市部における交通事故頻発状況を再現した危険運転状況動画を新たに導入するなどの改善を行った。また、改善後の注視点計測環境を用いて、初期的な動作検証を実施し、注視点が適切に計測できることを確認した。今後は、本稿で改善した注視点計測環境を用いて、幅広い年齢層の多数の被験者を対象とした計測実験を行う。更に、その計測実験の結果に基づき、定量評価方式[6][7]の有効性について検証を進めるとともに、同方式を発展させる。

#### 謝辞

本研究の初期的動作検証において、被験者としてご協力くださいました皆様に、感謝の意を表させていただきます。

#### 参考文献

- [1] National Highway Traffic Safety Administration, Older Drivers: <https://www.nhtsa.gov/road-safety/older-drivers>
- [2] European Commission, Elderly drivers: <https://www.ihs.org/topics/older-drivers>
- [3] 警視庁, 「防ごう! 高齢者の交通事故!」, <https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/jikoboshi/koreisha/ko-reijiko.html>
- [4] T. Inagawa, R. Mizuno, and Y. Nakada, “Quantification Method of Visual Attractiveness of Objects during Driving via Dynamic Saliency Maps Predicting Motorists’ Gazing Points”, Proc. of IEEE SSCI2022, pp. 1732-1735 (2022).
- [5] Pupil Lab, Pupil Invisible, <https://pupil-labs.com/products/invisible/>
- [6] R. Uchiyama, T. Nishioka, T. Inagawa, and Y. Nakada, “Quantification Method of Drivers’ Object Detection Ability via Visual Attractiveness Quantification Method and Eye Tracker”, Proc. of SCIS&ISIS2024, pp. 1-2 (2024).
- [7] 内山怜哉, 中田洋平, “若年被験者と高齢被験者の比較評価による運転者対象物体検出能力の定量評価方式の検証”, 2025 年電子情報通信学会総合大会, A-13-04 (2025).
- [8] Unity Technologies, UNITY エンジン: <https://unity.com/ja/products/unity-engine>
- [9] R. Mizuno, S. Nakazawa, and Y. Nakada, “Simulator of Vehicle-Mounted Camera Video to Verify Dynamic Saliency Maps for Predicting Drivers’ Gaze Points”, Proc. of IEEE SSCI2021, pp. 1-6 (2021).
- [10] 映学社, 「交通事故多発の「なぜ?」～死角に隠れた危険を予測する～」(2022).
- [11] 東映, 「油断することなかれ! ～見える危険・見えない危険、そして自分自身に潜む危険～」(2021).
- [12] JAF メディアワークス, 「交通安全教育 DVD セーフティスター」, vol.1-3 (2015-2017).
- [13] 吉田大佑, 稲川巧巳, 中田洋平, “車載カメラ動画画像シミュレータによる交差点での事故頻発状況の再現”, 2024 年電子情報通信学会総合大会, ISS-A-011 (2024).
- [14] Pupil Lab, Neon, <https://pupil-labs.com/products/neon>