

物体検出を用いた自動生成されたドライビングシミュレータのルールベース評価 Rule-based evaluation of an automatically generated driving simulator using object detection

山本 成騎[†] 梶原 祐輔[†]
Seiki Yamamoto Yusuke Kajiwara

1. はじめに

日本では、高齢者ドライバーの事故が社会問題化している。警察庁によると、2011～21年の10年間で全体の死亡事故件数は4691件から2636件まで減少したが、75歳以上の高齢ドライバーによる死亡事故の割合は49.2%から57.7%に増加している[1]。これを受けて、令和2年改正道路交通法により、高齢者の運転免許証の更新等の手続において新たに運転技能検査が導入されることになった。75歳以上で一定の違反歴がある人は、運転技能検査に合格しなければ、運転免許証の更新を受けることができない。

運転技能検査の課題は「指示速度による走行」、「一時停止」、「右折・左折」、「信号通過」、「段差乗り上げ」等がある。これらの課題により、高齢ドライバーの運転技能を定量的に測定することが可能となる。しかし、運転技能検査は3年間隔で実施されるため、その間の運転技能は測定することはできない。そのため、この間に認知機能や反応速度、注意機構が低下した場合に起こり得る事故を防ぐことはできない。事故を未然に防ぐためには、簡便に運転技能を測定する方法を考える必要がある。

具体的な測定方法としてドライビングシミュレータ (DS) による運転技能の評価が挙げられるが、DSは運転コースの数に限りがあるため、慣れが生じてしまい正確な運転技能を測ることができない。また、DSは高価であるため、一般家庭に設置することはできない。

運転コースに限りがあるという問題は敵対的生成ネットワーク (Generative Adversarial Network (GAN)) [2]によって解決できると考えられる。2021年にKimらは自動運転の実証実験が可能なニューラルシミュレータであるDriveGANを開発した[3]。GANを用いることで異なるコースを自動生成できる。しかし、運転技能検査において評価できるようなDSを生成できるかどうかはまだ評価されていない。そこで、FIT2022のCI-005で発表した吉川は運転技能検査の課題に準じた3つの項目「鮮やかさ」、「形状」、「論理的整合性」と4つの評価対象「道路標識と規制表示」、「一時停止線」、「右折・左折のための道路」、「信号機」をもとに定性評価を行った。その結果、「鮮やかさ」に関しては、オブジェクトごとに精度にばらつきがあり、右折・左折の精度が最も高かった。「形状」に関しては、道路と規制表示の精度は低かったが、それ以外のオブジェクトの精度は高かった。「論理的整合性」に関しては、どのオブジェクトも大部分で精度が高くなることがなかった。一方で、目視確認でDSの評価を行ったため、定性的でかつ確率的に生成されるDSを網羅的に評価できなかった。

そこで本研究では、物体検出を用いて自動生成されたDSを定量評価可能なルールベース評価指標を提案し、これを考察する。

[†] 公立小松大学 サステイナブルシステム科学研究科,
Komatsu University, Graduate School of Sustainable Systems
Science

2. 関連研究

DSは主に、コンピュータグラフィックス (CG) で生成されており、シミュレーション空間内で3Dモデルを構築しDSを生成している。DS生成に必要な技術としては、

- (1) 広範囲な交通流における乗用車や大型車、自転車、歩行者などをDSで再現する技術
- (2) 信号情報の車載器による受信等、路車間通信等をDSで再現する技術
- (3) 道路標識や交通信号のインフラを、広範な交通流において再現可能な技術
- (4) 実画像を活用したCG作成等、実交通環境をより効率的に再現する技術
- (5) DSによる安全運転の評価方法の提案

が挙げられる[4]。本研究は(4)の分野に属するため、この分野の関連研究を紹介する。

実交通環境の再現技術は、「3DCGのみ」、「実画像のみ」、「3DCGと実画像の合成」の3パターンが挙げられる。3DCGのみを使ったDSの開発は、自動車関連企業が製作したDSを用いるケースが主である。DSを応用した例は、警報表示の発生タイミングの最適化や高齢者用教育シナリオの作成、車線変更時の運転行動解析、ドライバーの注意点予測に用いる動的顕著性マップの検証など多岐にわたる。

3DCGと実画像を合成したDSの開発例として道路基盤地図情報を利用したDS[5]がある。CG作成において点群データの取り込みや、ベースとなるシェイプ作成までは自動化されているが、3Dポリゴンの作成などは手作業が必要である。鄭らは道路基盤地図情報を活用して、道路部分の3次元モデルをほぼ自動的に構築し、DSのシナリオ作成を省力化した。

実画像のみを使ったDSの開発はLiDARやカメラを用いて生成するケースが主である。3DCGモデルの作成はコストと時間と専門的知識が必要である。また、CG映像は実世界の映像のような豊かさや臨場感に乏しい。このような問題を踏まえて、Liらは拡張自律走行シミュレーション (AADS) を提案した[6]。AADSとはLiDARとカメラによって取得したデータから自動車と歩行者の尤もらしい交通流を生成し、背景に合成したDSである。

実環境を再現するDSと異なる例としては、動画再生型のDSがある。動画再生型の応用例としては、Davidらの危険認知の検証[7]や、Markらの画像のコントラストと速度知覚の調査[8]がある。しかし、動画再生型は危険予測訓練などに用いることが可能だが、コースに限りがあり、ステアリング・ブレーキ・アクセル操作が難しいことが問題となっていた。

本研究では、3DCGや動画再生型の問題を考慮して実画像を合成し、合成した画像を用いて動画再生型のDSの生成を行う。本論文ではGANを利用しDSを自動生成した際の定量評価指標を報告する。

3. 検証方法

これまでの DS 開発では各評価対象を定性的に評価していたが、生成データの動画が数百時間に及ぶ場合に目視で確認するとヒューマンエラーが発生するため、評価の信憑性が乏しくなる。

本研究では、論理的整合性にターゲットを絞り、この論理的整合性を定量的に評価する方法を提案する。YOLOv5 を使った物体検出によって道路標識等の物体を検出し、検出結果を交通規則と照らし、生成された画像の論理的整合性を評価する。検証手順は以下の通りとなる。

①小松駅周辺を自動車で行く

自動車に角速度センサと 180° カメラを設置して、車載映像と自動車の動的変化の軌跡を取る。高画角カメラを使用することにより、右折・左折時の未知のデータに対応することができる。また、速度に関しては GPS の緯度・経度の時間的変化から算出する。

②DS の生成

DriveGAN の原著[3]のデータに走行データを挿入し、DS を生成する。

③交通ルールに基づいた精度評価

自動生成された DS 上で運転を行い、その際に得られる走行データと実車での走行データに対して物体検出を行い、信号機や交通標識などを自動検出する。この検出された物体を交通規則と比較し、評価する。自動検出された物体を基に、交通規則に従う生成画像であるか否かを判定できる。また物体検出を行うことで、自動生成されたシミュレータの評価を自動化できる。

公道において車が一時停止線の手前に存在する例を考える。この場合、車載カメラには一時停止線と「止まれ」標識が映る。これを正解データとする。対して、停止線のみ、標識のみの場合、不正解データとする。停止線と標識がある場面でこれらの両方が生成されているときは TP (True Positive)、片方が生成されているときは FP (False Positive) となる。このときの精度 (precision) は、以下の式で表される。

$$precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

これを論理的整合性の精度とみなす。

以上の手順によって、DriveGAN から確率的に生成された DS を定量的に評価する。

4. おわりに

高齢ドライバーの日々の運転技能を測定するために、DS の自動生成を行い、これを物体認識により定量評価するルールベースの指標を提案した。

参考文献

- [1] 警察庁交通局令和 3 年における交通事故の発生状況等について (<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/bunseki/nenkan/040303R03nenkan.pdf> 閲覧日: 2022 年 6 月 21 日)
- [2] Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 27.
- [3] Kim, S. W., Phillion, J., Torralba, A., & Fidler, S. (2021). Drivegan: Towards a controllable high-quality neural simulation. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 5820-5829).

- [4] 大島大輔, 山田康右, 竹之内篤, 山下浩行, 中野公彦, 鈴木高宏, ... & 白石智良. (2015). ドライビングシミュレータに対するニーズ及び先進的関連技術に関する調査研究. *生産研究*, 67(2), 87-92.
- [5] 鄭仁成, 小野晋太郎, 洪性俊, 中野公彦, 山邊茂之, 平沢隆之, 牧野浩志, 須田義大, 池内克史, 大口敬. (2013). 道路基盤地図情報を利用したドライビングシミュレータによる道路交通安全対策の事前評価
- [6] Li, W., Pan, C. W., Ren, J. P., Ma, Y. X., Fang, J., Yan, F. L., Geng, Q. C., Huang, X. Y., Gong, H. J., Xu, W. W., Wang, G. P., Manocha, D., & Yang, R. G. (2019). AADS: Augmented autonomous driving simulation using data-driven algorithms
- [7] David, C., Peter, C. (2011). Driving simulator validation with hazard perception
- [8] Mark, S. H., Annaliese, M. P. (2008). Reducing Contrast Makes Speeds in a Video-Based Driving Simulator Harder to Discriminate as Well as Making Them Appear Slower