

SMOTE を用いたドライビングシミュレータ生成 AI Driving Simulator Generative AI with SMOTE

今井 優人[†]
Yuto Imai

梶原 祐輔[‡]
Yusuke Kajiwara

1. はじめに

高齢運転者による死亡事故が社会問題になっている。これを未然に防ぐために自宅でも簡単に運転技能を測定できるドライビングシミュレータ(DS)の開発が重要である。シミュレータにより、認知機能と運転技能の衰えを高齢運転者やその家族が自覚し、免許返納を促す効果が期待できる。

シミュレータの要件は①多種多様なコースの生成、②現実世界のルールや現象の再現、③運転技能を評価できるシーンの生成である。①によりテスト対策などによる検査の感度低下を防ぎ、②によりシミュレータ上の運転と実車での運転の差異をなくし、③により運転技能を測る。一方、これらの要件を満たすシミュレータは専門家しか生成できず、開発/導入コストが高い。この問題を、我々は AI によるシミュレータ自動生成技術で解決する。

シミュレータ自動生成技術として、敵対的生成ネットワーク(Generative Adversarial Network(GAN))の一種の Drive GAN[1]がある。Drive GAN はスピードやステアリング操作の変化に合った映像を生成するが、大きなステアリング操作を行うと背景が崩壊するシーンやシーンがワープするといった課題が指摘されている[2]。この原因として、Drive GAN では学習データに沿って次のシーンを予測し生成しており、学習データが存在しないような急旋回や車道からの逸脱などが発生すると、正常に次のシーンを予測できないことが挙げられる。我々はこの問題を解決するために、自動車モデルに従って元画像を射影変換し、合成画像を作成し、アップサンプリングする手法を提案した[3]。その結果、小さな動きに対してはロバストなシミュレータの生成に成功した。ただし射影変換では大きなステアリング操作やブレーキ操作に対しては依然としてシーンがワープするという課題が残っていた。

そこで本研究では自動車の運動モデルと道路の 3D モデルに基づき、仮想空間上のステアリングとブレーキ操作、および車載カメラの映像を合成する 3DMap-synthetic minority over-sampling technique(3D-SMOTE)を提案する。これにより大きなステアリング操作やブレーキ操作でもシーンのワープを起こさないロバストなシミュレータを生成することを旨とする。本研究の成果は要件②の解決に貢献し、将来的に高齢運転者による死亡事故の軽減に寄与することが期待できる。

2. 提案手法

3D-SMOTE による Drive GAN のシーン生成の概要図を図 1 に示す。まず、(i)仮想空間上の時間 t の運転画像 $Image_t'$ と速度 v_t' 、角速度 ω_t' を合成する。3D-SMOTE で合成した

データと元データをもとに、VAE-GAN および予測器を事前学習する。ただしモデルを Fine-tuning するさいは、ドライブレコーダーなどで測定した走行データのみでよいことに注意する。(ii)VAE はある時間 t の運転画像を入力し、潜在変数 z_t を出力する。(iii) 潜在変数 z_t と速度、角速度を予測器に入力して出力された次の時間 $t+1$ の潜在変数 z_{t+1} を予測する。(iv)Style-GAN2 に z_{t+1} を入力し、運転画像 $Image_{t+1}$ を生成する。Drive GAN は学習データに存在しないような急旋回や車道からの逸脱などが発生すると正常に次のシーンが予測できず、走行データにない車体の速度と角速度が入力された場合に、背景が崩壊する、シーンがワープするなど、著しく精度が低下する。3D-SMOTE で、仮想空間上で走行データにない車体の速度と角速度で走行したさいの if データを合成し、これらの合成データを含めて VAE-GAN と予測器を学習することで精度向上が期待できる。

SMOTE による 3D モデルを用いたデータ作成の概要図を図 2 に示す。運転データからランダムに抽出したある時間 t の画像と LiDAR の点群データから 3D モデル生成する。時間 t の速度と角速度を初期値として、自動車が等加速運動および等角加速度運動すると仮定し、自動車の 10 秒間の挙動を表すパラメータ 5 つ($x_t', y_t', \theta_t', v_t', \omega_t'$)を生成する。 (x_t', y_t') は時間 t における x 座標[m]と y 座標[m]、 v_t' は自動車の進行方向の速度[km/h]、 ω_t' は自動車の進行方向の角速度[deg/sec]、 θ_t' は自動車の進行方向の x 軸からの角度[deg]である。自動車の運動モデルを図 3 に示す自動車の挙動は自動車の位置、速度、向き、角速度、加速度の 5 つのパラメータで決定する。今回は角加速度と加速度の 2 つを操作することで自動車の挙動を制御する。角加速度は自動車の向きにのみ影響し、加速度は自動車の進行方向の速度

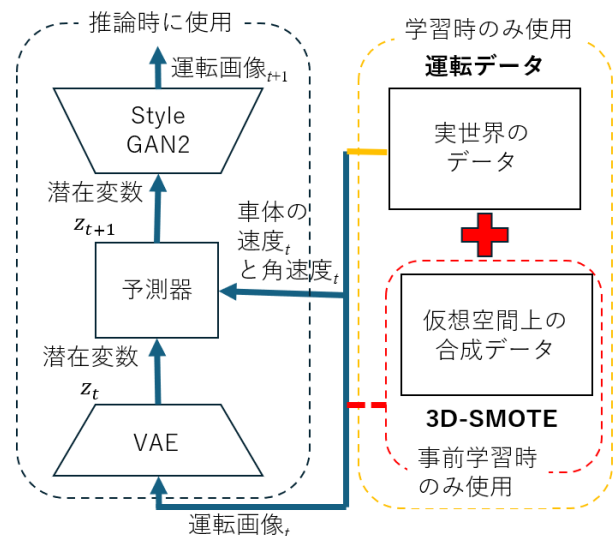


図 1 3D-SMOTE と Drive GAN の概要図

[†] 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

にのみ影響するとする。この仮定の下、自動車の状態の更新を

$$x_{t+1} = x_t + v_t \Delta t \cdot \cos \theta_t \quad (1)$$

$$y_{t+1} = y_t + v_t \Delta t \cdot \sin \theta_t \quad (2)$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t + \omega_t \Delta t \quad (3)$$

$$v_{t+1} = v_t + a_v \Delta t \quad (4)$$

$$\omega_{t+1} = \omega_t + a_\omega \Delta t \quad (5)$$

で表す。仮想空間上の加速度 a_v と角加速度 a_ω は正規分布に従い、ランダムに設定する。生成した 3D モデルと 5 つのパラメータを用いて、3D モデル内で 10 秒間自動車モデルを動かし、そのさいの仮想空間上の運転画像 $Image_{t+1}'$ を撮像する。この $Image_{t+1}'$ と速度 v_t' と角速度 ω_t' を合成データとして、トレーニングセットに加える。この手順を繰り返し、様々な加速や旋回のパターンに対応したトレーニングセットを作成する。

3. 実験方法

本研究では SMOTE による DS の生成を行う。

DS の実装には「運転映像」、「車の速度[km/h]」、「車の角速度[deg/s]」の 3 つのデータ、3D モデルの生成には LiDAR で取得できる「点群データ」、「運転映像」のデータが必要である。これらのデータを Drive GAN に学習させ、DS を生成する。点群データは Velodyne 製の LiDAR 「VLP-32C」を用いて取得する。運転映像は Occam Vision Group 製の 360° カメラ「Omni60」を用いて取得する。Omni60 で撮影した動画のフレームレートは 60fps である。DS 実装では 8fps に落としたデータを使用する。また、Omni60 で撮影した画像のサイズは 3840×1080pixel であるが、この画像 3D モデルを生成する際は 256×256pixel に加工し、PNG ファイル形式で Drive GAN に入力する。車の

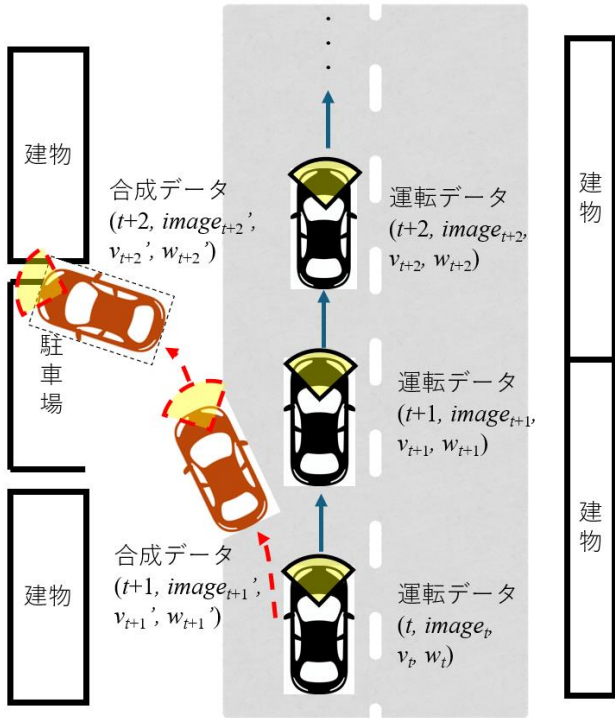


図 2 3D モデルでのデータ作成の概要図(赤は仮想空間上で合成した運転データ)

速度は u-blox 製の GNSS レシーバー「DG-PRO1RWS」で緯度・経度の時間的変化を取得し、それを時速に変換した値を用いる。車体の角速度は ATR-Promotions 製の慣性計測ユニット(IMU)「TSND151」を用いて取得した。

本実験でデータを収集するために自動車で行ったコースを図 4 に示す。走行したコースは公立小松大学栗津キャンパス周辺を走行するコースである。

4. おわりに

本稿では、Drive GAN によるドライビングシミュレータの生成に用いる SMOTE や、必要なデータについて説明した。今後は、取得したデータと SMOTE を用いてデータセットの作成を行う。そしてドライビングシミュレータの生成を行い、解析を行う。

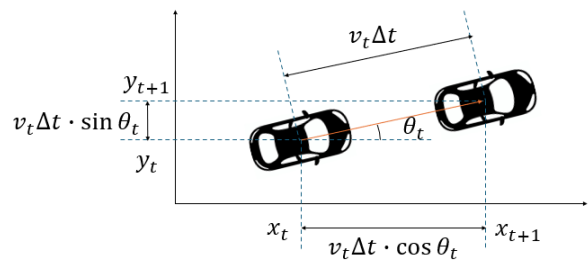


図 3 自動車の運動モデル



図 4 走行コース

参考文献

- [1] Kim, S. W., Phillon, 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).
- [2] 田畑浩大, 蒲原惇乃輔, 海野良介, 佐藤誠人, 渡部泰樹, 久米大雅, ... & 松尾豊. (2023). 行動条件付け VideoGPT の構築と検証. In 人工知能学会全国大会論文集 第 37 回 (2023) (pp. 1G4OS21a02-1G4OS21a02). 一般社団法人 人工知能学会.
- [3] 今井優人, 山本成騎, & 梶原祐輔. (2023, August). 敵対的生成ネットワークとオーバーサンプリングによるステアリング操作にロバストなドライビングシミュレータの生成. In IEICE Conferences Archives. The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers